INGENIERÍA DEL SOFTWARE I
Tema 10

Estructura del Sistema
(en desarrollo OO)

Univ. Cantabria – Fac. de Ciencias
Francisco Ruiz y Patricia López

Objetivos del Tema

- Conocer en detalle los elementos que permiten representar la estructura de un sistema.
- Aprender a realizar diagramas de clases y de objetos de UML 2.
- Aprender a usar los mecanismos que permiten extender y particularizar **UML**.
- Aprender a modelar con ellos diferentes aspectos estructurales, tanto del dominio del problema (requisitos-análisis) como del dominio de la solución (diseño del sistema).

Contenido

- Introducción
- Elementos Estructurales
  - Clase
  - Atributo
  - Operación
  - Responsabilidad
  - Relaciones
    - Dependencia
    - Generalización
    - Asociación
    - Restricciones entre Relaciones
  - Clases Especiales
  - Interfaces
    - Realización
  - Otros Clasificadores
- Diagramas de Clases
  - Consejos
- Objetos
  - Identidad y Estado
  - Objetos prototípicos
- Diagramas de Objetos
  - Consejos
- Mecanismos de Extensión
  - Estereotipos
  - Valores Etiquetados
  - Anotaciones
  - Restricciones
  - Perfiles
  - Consejos
- Modelado
  - Vocabulario del Sistema
  - Distribución de Responsabilidades
  - Semántica de una Clase
  - Colaboraciones
  - Esquemas de Datos
  - Redes de Relaciones
  - Líneas de Separación
  - Instancias

Bibliografía

- Básica
  - Booch, Rumbaugh y Jacobson (2006): El Lenguaje Unificado de Modelado. 2ª edición.
    - Caps. 4-6, 8-11 y 13-14.
- Complementaria
  - Rumbaugh, Jacobson y Booch (2007): El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia. 2ª edición.
    - Cap. 4.
  - Hamilton y Miles (2006): Learning UML 2.0.
    - Caps. 4-6.
  - Larman, 2003. UML y Patrones: Introducción al análisis y diseño orientado a objetos, 2ª Edición.
    - Cap 1

Introducción

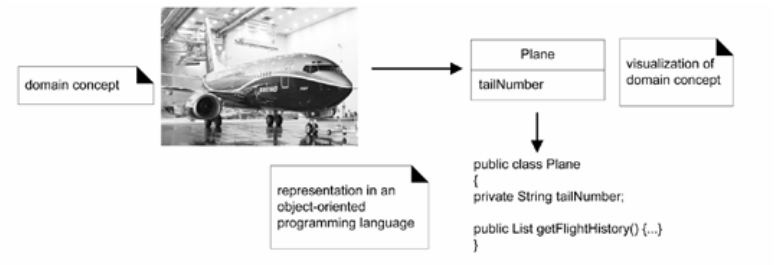
- **Análisis**
  - Centrado en la investigación del problema y sus requisitos
  - Análisis de requerimientos, análisis del dominio, etc.
- **Diseño**
  - Centrado en la solución (software y hardware) que verifica los requisitos

"Do the right thing (analysis) and do the thing right (design)"

- **Implementación**
  - Elaboración del código que implementa la solución diseñada

Introducción

- **Análisis orientado a objetos**:
  - Examina los requisitos desde el punto de vista de las clases y objetos encontrados en el vocabulario del dominio (problema).
- **Diseño orientado a objetos:**
  - Diseña el software de una aplicación basada en construirla con una estructura modular en la que los módulos software se corresponden con abstracciones de los objetos del problema.
- **Programación orientada a objetos**:
  - Implementación de los objetos software del diseño en un lenguaje orientado a objetos



Introducción

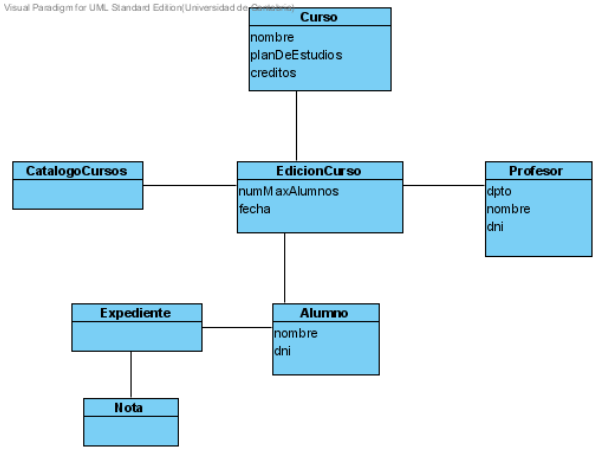
- **Modelado Estructural**
  - Se describen los **tipos de objetos** de un sistema y las **relaciones estáticas** que existen entre ellos.
    - Clases
    - Interfaces
    - Relaciones de dependencia, realización, generalización y asociación (agregación, composición)
  - Se suele representar mediante diagramas de clases, y opcionalmente, diagramas de objetos.

Introducción

- El **Modelado Estructural** en OO se puede realizar desde diferentes puntos de vista (o a diferentes niveles):
  - **Modelo Conceptual o de Dominio**
    - Conceptos del dominio del problema: propiedades, restricciones y relaciones entre ellos.
  - **Modelo de Análisis**
    - Identifica como clases los conceptos del dominio.
    - Atributos, asociaciones y operaciones
  - **Modelo de Diseño**
    - Define los módulos software (clases en OO) que se corresponden con las clases identificadas en la fase de análisis.
    - Se corresponden a decisiones del diseño (uso de interfaces, patrones de diseño, estructuras de datos, persistencia).
  - **Modelo de Implementación**
    - Clases que corresponden a una tecnología de implementación (lenguaje de programación).
    - Utilizando un lenguaje OO, el mapeado entre el modelo de diseño y el de implementación es directo en la mayor parte de las clases

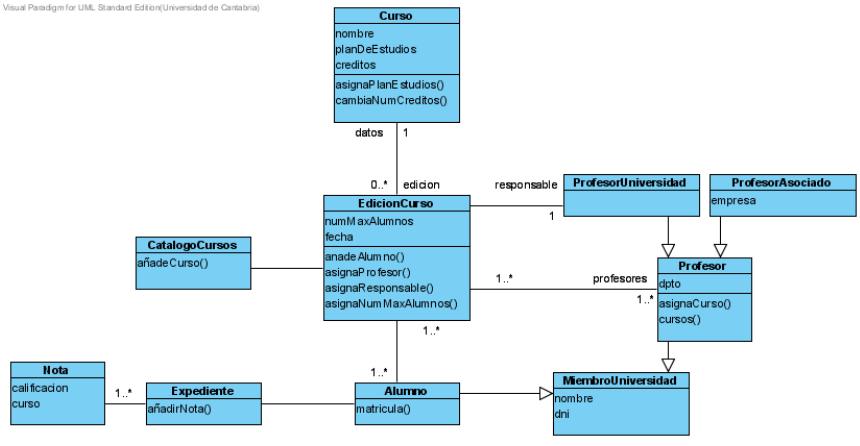
Introducción

- Modelo Conceptual



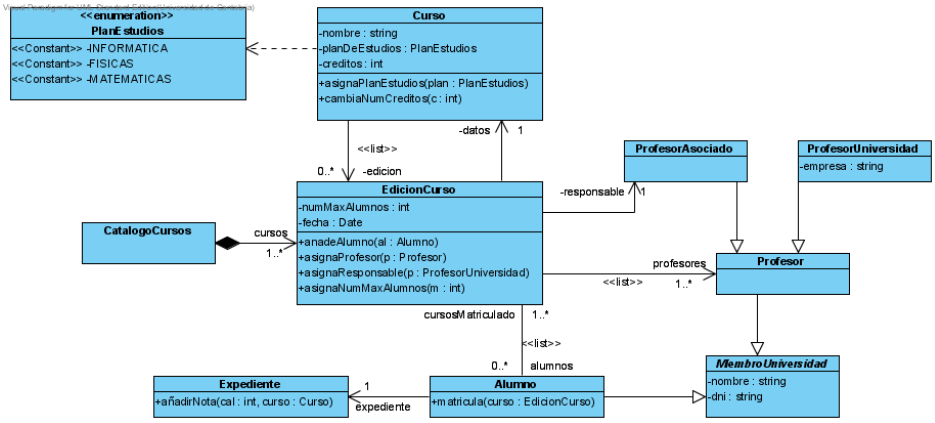
Introducción

- Modelo de Análisis



Introducción

- Modelo de Diseño



Elementos Estructurales

- En el tema 7 ya se han presentado los conceptos básicos estructurales de orientación a objetos:
  - Clase
  - Atributo
  - Operación
  - Relaciones (Dependencia, Generalización, Asociación)
  - Interfaz
- En este tema se presentan aspectos complementarios de su uso con UML.

Elementos Estructurales - Clase

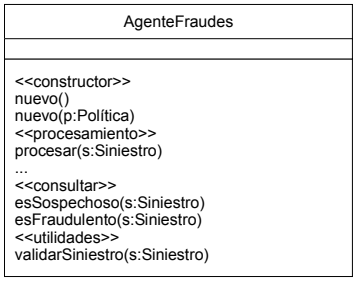
- Las **Clases** son el principal elemento para el modelado estructural en OO (y por tanto en UML).
  - Sirven para identificar las "cosas" importantes desde una visión particular.
  - Constituyen el vocabulario del sistema que se modela.
  - Cada una de ellas tiene ciertas propiedades y un comportamiento.
- Una clase representa el ámbito de definición de un **conjunto de objetos** =>
  - Cada objeto pertenece a una clase.
  - Los objetos se crean por instanciación de las clases.

Elementos Estructurales - Clase

- Las características básicas de las clases UML
  - Nombre, Atributos, Operaciones
- Se complementan con otras características avanzadas:
  - Visibilidad de atributos y operaciones.
  - Alcance de atributos.
  - Multiplicidad de clases y atributos.
  - Valor inicial y modificabilidad de atributos.
  - Tipo de las operaciones.
- Sirven para refinar la definición de las clases conforme avanza el proyecto.

Elementos Estructurales - Clase

- Cuando se modela no hay que contemplar todo el detalle de las clases (**abstracción de modelado**):
  - Al dibujar una clase no hay que mostrar todos los atributos y operaciones.
  - Se especifica con puntos suspensivos (...) que hay más atributos u operaciones.
  - Se utilizan estereotipos como categoría descriptiva para organizar atributos y operaciones.
  - Si se suprime un compartimento, o se muestra vacío, no quiere decir que no tenga elementos.



Elementos Estructurales - Atributo

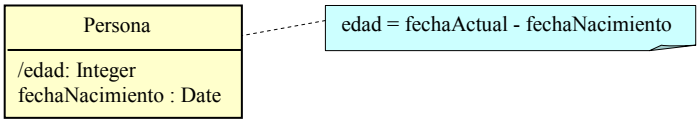
- Una **Propiedad** (*Property*) en UML es una característica estructural (*structural feature*) de un clasificador que especifica información acerca del estado del clasificador.
- En UML 2 los **atributos** (de tipo Property) de una clase agrupan tanto a atributos como a asociaciones.
  - En el resto de la presentación se exponen por separado
- Además de su nombre, para un atributo se pueden especificar otras características, según la siguiente sintaxis:

  [<visibilidad>] [‘/’] <nombre> [‘:’<tipo>] [‘[‘<multiplicidad>’]’]
  [‘=‘<valor inicial>] [‘{‘<modificador> [‘,’<modificador>]*’}’]
  - Donde
    - <nombre> es el único campo obligatorio
    - ‘/’ significa que es un atributo derivado
    - <modificador> representa un modificador que se aplica al atributo.

Elementos Estructurales - Atributo

- Ejemplos de Atributos:

origen	nombre
+ origen	visibilidad y nombre
origen : Punto	nombre y tipo
nombre : String [0..1]	nombre, multiplicidad y tipo
origen : Punto = (0,0)	nombre, tipo y valor inicial
id : Integer {readOnly}	nombre, tipo y modificador
/ edad : Integer	nombre y tipo (atributo derivado)

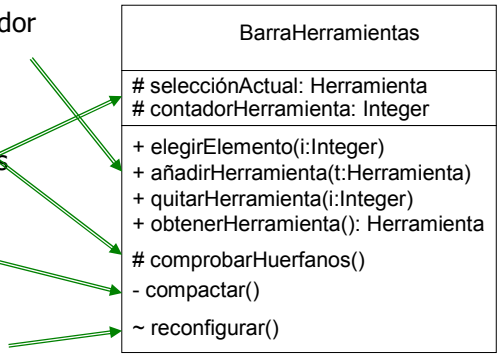


Elementos Estructurales - Atributo

- La **Visibilidad** es común para atributos y operaciones.
  - Sirve para **ocultar los detalles** de implementación (encapsulación) y mostrar sólo aquellas características necesarias para llevar a cabo las responsabilidades de un clasificador.
  - Esta ocultación de información es esencial para construir sistemas sólidos y flexibles.

Elementos Estructurales - Atributo

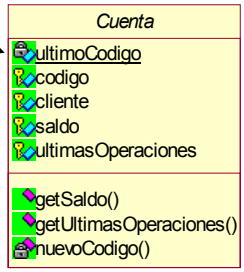
- UML 2 tiene cuatro **niveles de visibilidad**:
  - **public (+)**: Cualquier clasificador externo puede utilizar la característica.
  - **protected (#)**: Sólo el propio clasificador y sus descendientes pueden usarla.
  - **private (-)**: Sólo el propio clasificador puede utilizarla.
  - **package (~)**: Sólo los clasificadores declarados en el mismo paquete pueden utilizarla.



- La visibilidad por defecto es pública

Elementos Estructurales - Atributo

- Una característica (atributo u operación) de una clase (o clasificador en general) puede ser estática o dinámica:
  - **Dinámica** (propiedad IsStatic=false)
    - Cada instancia del clasificador tiene su propio valor o instancia para la característica.
    - Opción por defecto.
  - **Estática** (propiedad IsStatic=true)
    - Hay un único valor o instancia para todas las instancias del clasificador.
    - Se muestra subrayando el nombre.



En UML 1.x era la propiedad

Alcance (instance vs classifier)

(¡Ojo! => En VP todavía se maneja así)

Elementos Estructurales - Atributo

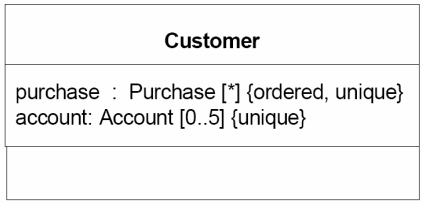
- En el caso de los atributos, la **Multiplicidad** indica el número de valores simultáneos que pueden existir para cada instancia de la clase.
  - La opción por defecto es un solo valor (Multiplicidad = 1).
  - En otro caso, se indica señalando entre corchetes el número mínimo (lower) y máximo (upper) de valores posibles:

    `[´[<mínimo> '..'] <máximo> `]´ ['{´<orden> [',' <unicidad>]'}'] `

  - Donde
    - <mínimo> es un valor entero
    - <máximo> es un asterisco (*) o un valor entero.
    - <orden> = { 'ordered' | 'unordered' }
    - <unicidad> = { 'unique' | 'nonunique' }

Elementos Estructurales - Atributo

- Ejemplos de Multiplicidad de Atributos:
  - [0..1]
  - [1..3]
  - [1..*]
  - [*]
- En un atributo multivaluado (máximo>1) se pueden incluir restricciones de:
  - Orden (ordered / unordered)
  - Unicidad (unique / nonunique)



Elementos Estructurales - Atributo

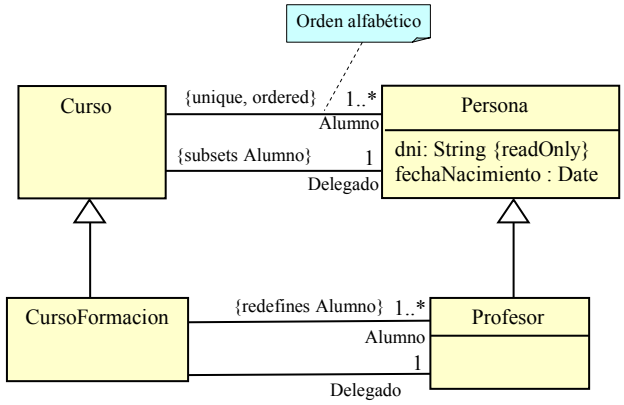
- Los **modificadores** que se pueden aplicar a un **atributo** en UML 2 son:
  - readOnly: es de sólo lectura (no modificable)
  - subsets <atributoRef>: es un subconjunto del atributo *atributoRef*
  - redefines <atributoRef>: redefine al atributo heredado *atributoRef*
  - ordered: los valores simultáneos de un atributo multivaluado están ordenados secuencialmente.
  - unique: no puede haber duplicados en un atributo multivaluado.
  - <restricción de atributo>: expresión que especifica una restricción a nivel de atributo a definir por el usuario.

Elementos Estructurales - Atributo

- Combinando los modificadores Ordered y Unique es posible crear atributos que son **colecciones** de diferentes clases:

Unique	Ordered	Tipo de Colección
true	false	Set (conjunto)
true	true	OrderedSet (conjunto ordenado)
false	false	Bag (bolsa)
false	true	Sequence (secuencia)

Elementos Estructurales - Atributo



Elementos Estructurales - Operación

- Una **Operación** es una característica de comportamiento (*behavioral feature*) de un clasificador que especifica información acerca de un comportamiento asociado al clasificador
  - Un comportamiento que puede ser invocado en él.
- UML 2 distingue entre Operación y Método:
  - Una operación especifica un servicio que se puede requerir de cualquier objeto de una clase.
  - Un método es una implementación de una operación.
  - Cada operación (no abstracta) tiene un método con el algoritmo ejecutable.
  - En una jerarquía de herencia puede haber varios métodos para la misma operación (polimorfismo).

Elementos Estructurales - Operación

- Sintaxis completa de una **Operación**:

  [<visibilidad>] <nombre> '(' [<lista de parámetros>]')'

  [':' [<tipo de retorno>] ['['<multiplicidad>']']

  '{' <modificador> [',’<modificador>]*'}']

  - donde
    - <visibilidad> es similar a la de los atributos.
    - <lista de parámetros> es una lista separada por comas.
    - <tipo de retorno> es el tipo de datos del valor devuelto.
    - <multiplicidad> es la multiplicidad del tipo de retorno
    - <modificador> representa un modificador que define la naturaleza de la operación.

  - Las operaciones pueden ser dinámicas o estáticas, igual que los atributos.

Elementos Estructurales - Operación

- Sintaxis para cada **parámetro** de una **Operación**:

  [<dirección>] <nombre> ':' <tipo> ['['<multiplicidad>']']

  ['='<valor por defecto>]

  ['{' <modificador> [',’<modificador>]*'}']

  - donde
    - <dirección> indica si es de entrada (in), salida (out), ambos (inout). La opción por defecto es in.
    - <tipo> es el tipo de dato del parámetro.
    - <multiplicidad> es similar a la de los atributos.
    - <modificador> representa un modificador que define alguna característica de la operación.

Elementos Estructurales - Operación

- Ejemplos de Operaciones:

mostrar()	nombre
+ mostrar()	visibilidad y nombre
set (n:Nombre, s:String)	nombre y parámetros
obtenerID(): Integer	nombre y tipo de retorno
saldo() {query}	nombre y modificador
set(n: in Nombre = "Pepe")	Nombre, dirección y parámetro con valor por defecto

Elementos Estructurales - Operación

- Los **modificadores** que se pueden aplicar a una **operación** en UML 2 son:
  - redefines <operationRef>: redefine la operación heredada *operationRef*.
  - query: la operación no cambia el estado del sistema (consulta).
  - ordered: los valores simultáneos del parámetro de retorno (multivaluado) están ordenados secuencialmente.
  - unique: no puede haber duplicados en los valores simultáneos del parámetro de retorno (multivaluado).
  - <restricción de operación>: expresión que especifica una restricción a nivel de operación.

Elementos Estructurales - Operación

- En la especificación de una **operación** se puede indicar también su **semántica de concurrencia** (*CallConcurrencyKind*) como un modificador adicional:
  - Sequential: No se permite concurrencia.
  - Guarded: Se permiten varias instancias de ejecución de la operación, pero solo una se puede iniciar mientras las demás quedan bloqueadas hasta que la que está ejecutándose concluye.
  - Concurrent: Se permite concurrencia, es decir, varias instancias de ejecución de la operación a la vez.
- Será responsabilidad del implementador incluir los mecanismos necesarios para que se verifique dicho comportamiento.

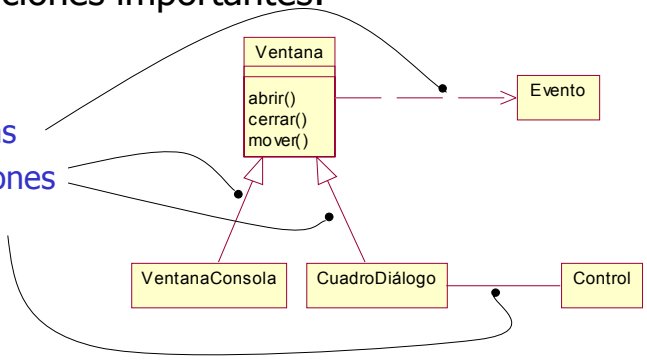
Elementos Estructurales - Responsabilidad

- La **responsabilidad** es un contrato u obligación de una clase (a nivel del inicio de la fase de análisis).
  - Ejemplo: Una clase pared es responsable de saber su altura, anchura y grosor.
  - Al ir refinando los modelos, las responsabilidades (texto libre) se traducen en el conjunto de atributos y operaciones que mejor satisfacen las responsabilidades de la clases.

AgenteDeFraudes
Responsabilidades - Determinar el riesgo de un siniestro de un cliente - Gestionar criterios de fraude específicos para cada cliente

Elementos Estructurales - Relaciones

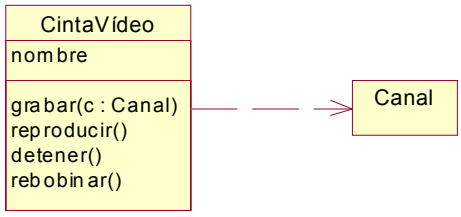
- En el **modelado estructural** en **UML** hay tres clases de relaciones importantes:
  - Dependencias
  - Generalizaciones
  - Asociaciones



  - Fueron presentadas en el tema 7. A continuación se amplían y detallan sus características y uso.

Elementos Estructurales – Relaciones de Dependencia

- Un tipo común de **dependencia** es la relación de dos clases que aparece como consecuencia de que una de ellas utiliza a la otra en su especificación o en su implementación.
  - Un empleo típico de esta relación es cuando una clase utilizada a otra como parámetro de una de sus operaciones
    - Si la signatura de la operación es completa no hace falta mostrar la dependencia.



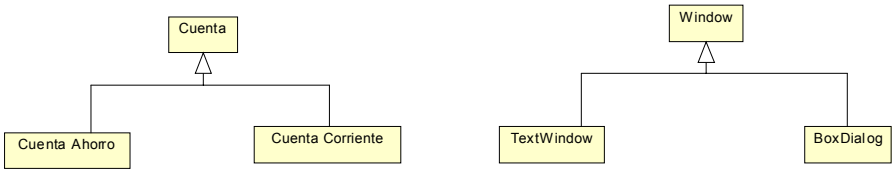
- Conceptualmente el resto de relaciones son tipos de dependencias

Elementos Estructurales – Relaciones de Dependencia

- Para precisar su naturaleza, **UML** incluye diversos **estereotipos de dependencia** entre clases y objetos:
  - instantiate - el origen crea instancias del destino.
  - refine – Especifica que el origen está más detallado que el destino. Mapea elementos que representan lo mismo a distintos niveles
    - Generalmente para clases
  - trace – Especifica que el destino es un antecesor del origen en una etapa previa del desarrollo
    - Aplicado más a aspectos conceptuales: un paquete de la fase de diseño que contiene las implementaciones de un caso de uso.
  - use - la semántica del origen depende de la parte pública del destino.

Elementos Estructurales – Relaciones de Generalización

- La **Generalización** establece una relación con semántica "es-un-tipo-de" entre la clase hija (subclase) y la clase padre (superclase).
- La clase hija
  - hereda la estructura y el comportamiento del padre
  - Puede añadir estructura y comportamiento
  - Puede modificar el comportamiento del padre (redefinir)

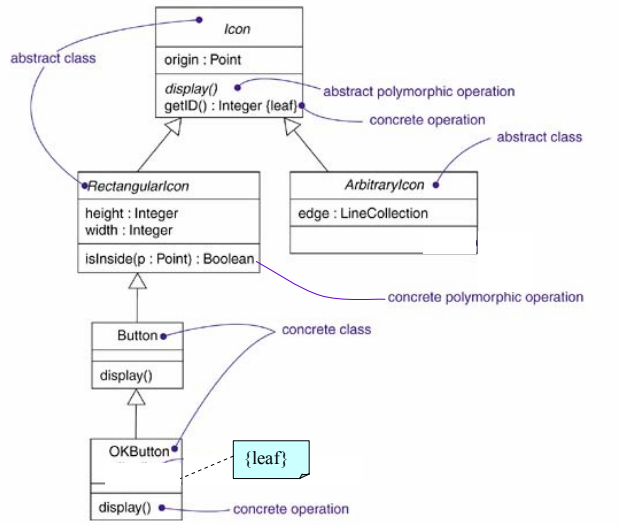


Elementos Estructurales – Relaciones de Generalización

- En las **jerarquías de generalización** existen **clases**
  - **Abstractas**: No tienen instancias directas.
    - Notación: Nombre en cursiva.
  - **Hoja**: No pueden tener hijos.
    - Notación: No existe una notación gráfica predefinida. Se puede usar una restricción {leaf} asociada a la clase.
  - **Raíz**: No tienen padres.
    - Notación: No existe una notación gráfica predefinida. Se puede usar una restricción {root} asociada a la clase.
- Y **operaciones**
  - **Polimórficas**: Redefinen su comportamiento en varias clases hijas.
  - **Abstractas**: Necesitan ser definidas en las clases hijas.
    - Notación: Signatura en cursiva.
  - **Hoja**: No pueden ser redefinidas en clases hijas.
    - Notación: Constraint {leaf} asociado a la operación.

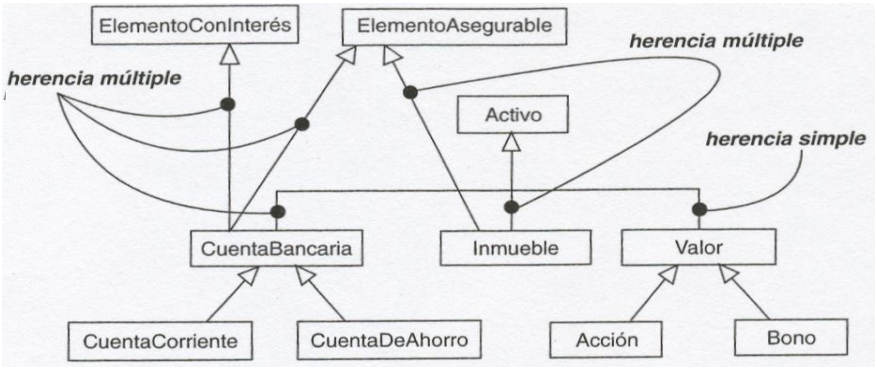
Elementos Estructurales – Relaciones de Generalización

- Ejemplo de **jerarquía de generalización**:



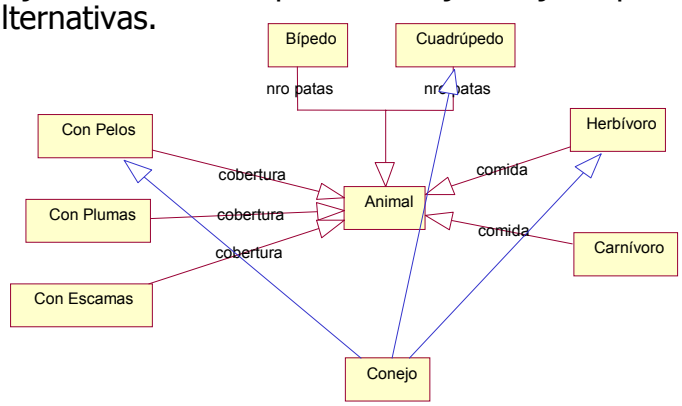
Elementos Estructurales – Relaciones de Generalización

- Según el número de padres que tiene una clase se distingue entre **herencia simple y múltiple**.



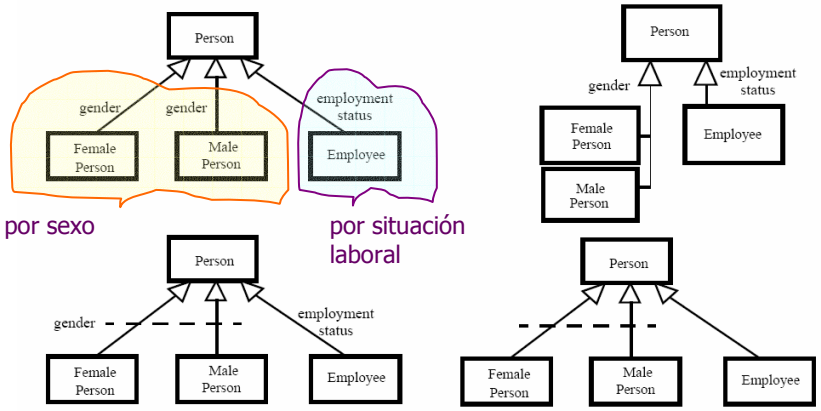
Elementos Estructurales – Relaciones de Generalización

- La **herencia múltiple** puede producir conflictos de colisiones de nombres y de precedencia.
  - Se minimizan haciendo grupos de generalizaciones disjuntas con clases padre en hojas de jerarquías alternativas.



Elementos Estructurales – Relaciones de Generalización

- **Grupo de Generalizaciones** (*generalization set*)
  - Varias generalizaciones que comparten una misma superclase en base a un mismo criterio de especialización.

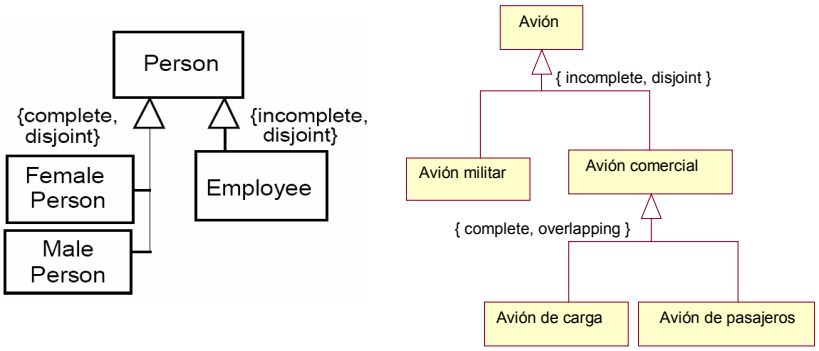


Elementos Estructurales – Relaciones de Generalización

- Los **Grupos de Generalizaciones** tienen dos propiedades:
  - **Cobertura** (IsCovering)
    - **complete** => cada instancia de la superclase es obligatoriamente también instancia de alguna (o varias) subclases.
    - **incomplete** => puede haber instancias de la superclase que no sean instancias en ninguna subclase.
  - **Solapamiento** (IsDisjoint)
    - **disjoint** => las subclases no pueden tener instancias comunes.
    - **overlapping** => las subclases pueden tener instancias comunes.
  - Notación: {<cobertura>,<solapamiento>}
    - Valor por defecto: {incomplete, disjoint}

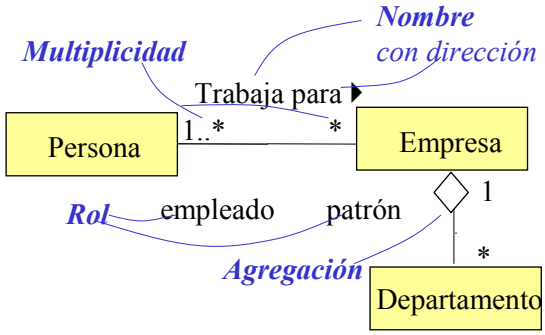
Elementos Estructurales – Relaciones de Generalización

- Ejemplos de Grupos de Generalizaciones con propiedades de cobertura y solapamiento:



Elementos estructurales - Relaciones de Asociación

- La **Asociación** establece una relación continuada entre objetos de las clases relacionadas
- Existen 4 **adornos básicos** en las **asociaciones**:
  - **Nombre** (opcionalmente con dirección)
  - **Rol** (en cada extremo de asociación)
  - **Multiplicidad** (en cada extremo de asociación)
  - **Agregación**

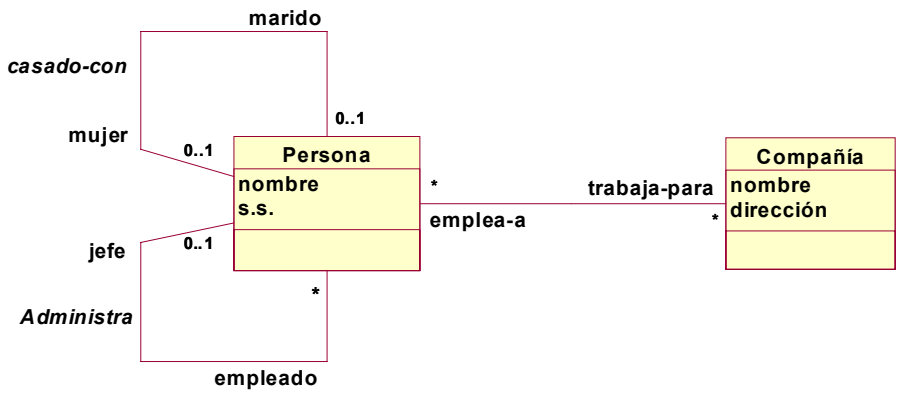


Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- Multiplicidad de una Asociación
  - Notación similar a la multiplicidad de atributos
  - Ejemplos:
    - 1 Uno y sólo uno
    - 0..1 Cero o uno
    - m..n Desde M hasta N (enteros naturales)
    - * Cero o varios
    - 0..* Cero o varios (cualquiera)
    - 1..* Uno o muchos (al menos uno)
  - Minima <>0 => restricción de existencia.
  - Máximo<>* => restricción que limita el número de instancias de asociación (enlaces) por instancia de clase.

Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- Ejemplos

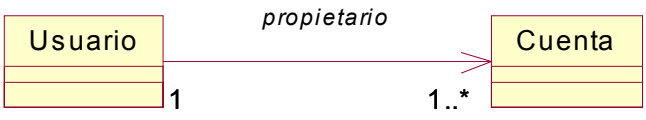


Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- Otros adornos y características más avanzadas de las **asociaciones** en UML son:
  - Navegación
  - Visibilidad
  - Calificación
  - Composición
  - Clases de Asociación
  - Modificadores

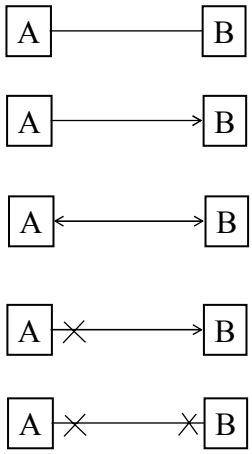
Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- Navegación en Asociaciones
  - Por defecto, una asociación en UML 2 es bidireccional =>
    - Es posible navegar desde los objetos de una clase a los objetos de la otra clase.
  - Si queremos que no sea bidireccional se utiliza una flecha.
    - Esta especificación tendrá connotaciones de eficiencia en la implementación. Ejemplo:
      - Desde cada usuario se llega fácilmente a sus cuentas, pero no al contrario.



Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- Notación UML 2 de la Navegación en Asociaciones

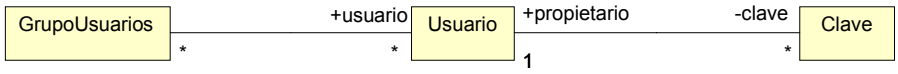


Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- La **Visibilidad** en asociaciones permite controlar si los objetos externos a una clase pueden ver a los objetos asociados a ella.
- En UML 2 a cada rol (nombre de extremo) de asociación se le pueden asignar tres tipos de visibilidad:
  - **Publica (+)**: opción por defecto, sin restricciones.
  - **Privada (-)**: Los objetos de ese extremo no son accesibles por objetos externos a la asociación.
  - **Protegida (#)**: Los objetos de ese extremo no son accesibles por objetos externos a la asociación, excepto por los hijos del otro extremo.
  - **Package (~):** Los objetos de ese extremo son accesibles por objetos externos a la asociación que estén en el mismo paquete que el objeto del otro extremo.

Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- **Ejemplo** de Visibilidad en Asociaciones



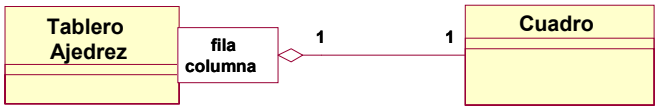
  - Dado un usuario es posible "ver" sus objetos clave.
  - Una clave es privada a un Usuario y no es visible desde el exterior de la asociación.
    - Dado un objeto GrupoUsuarios se pueden ver sus objetos Usuario, pero no se pueden ver los objetos Clave de dichos Usuarios.

Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- En asociaciones múltiples los objetos asociados pueden estar indexados de acuerdo a algún otro valor o llave, que facilita su búsqueda.
  - Dado un objeto de un extremo y un determinado valor se puede identificar un objeto o conjunto de objetos en el otro extremo (como ocurre en un mapa)
- Para ello se emplea un **Calificador**:
  - Atributo de una asociación cuyos valores identifican un subconjunto de objetos (suele ser uno solo) relacionados con otro objeto a través de una asociación.
    - El objeto origen, junto a los valores de los atributos del calificador, devuelven un objeto destino o un conjunto de objetos (dependiendo de la multiplicidad máxima del destino).
  - Notación: pequeño rectángulo junto al extremo de la asociación, con los atributos calificadores dentro.

Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

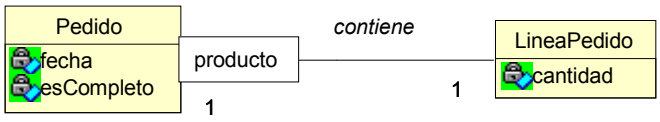
- Al considerar el valor de un Calificador se reduce la multiplicidad del rol opuesto.
  - La multiplicidad inicial se supone siempre múltiple



  - Un Tablero de Ajedrez es una agregación de múltiples Cuadros.
  - Pero en una Fila y Columna solo hay un Cuadro.

Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- Niveles de significado de las **Calificaciones** de Asociaciones

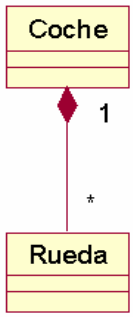


  - **Conceptual**: Dentro del mismo pedido no pueden existir dos líneas con el mismo producto.
  - **Análisis**: El acceso a LíneaPedido es indexado por producto.
  - **Implementación**: Se usa una tabla o un mapa para almacenar las líneas de pedido.

- Es más común su utilización en fase de diseño

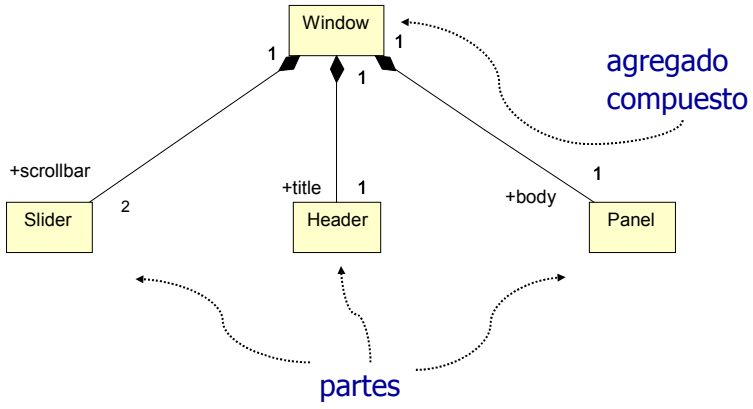
Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- La agregación es puramente conceptual => Define una relación todo–partes
- Una **Composición** es una forma especial de agregación, pero con una fuerte relación de pertenencia y vidas coincidentes entre las "partes" y el "todo" (compuesto).
  - Una parte pertenece a un único agregado (exclusividad).
  - Si se elimina un agregado se eliminan todas sus partes (dependencia existencial).
  - Una parte se puede añadir o eliminar en cualquier instante al agregado.



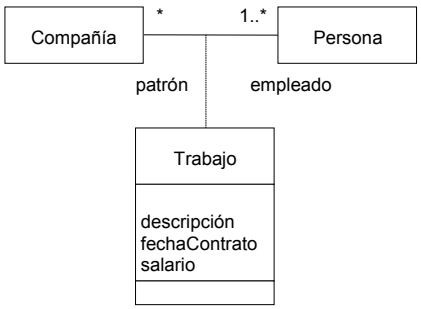
Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- **Ejemplo** de una Composición



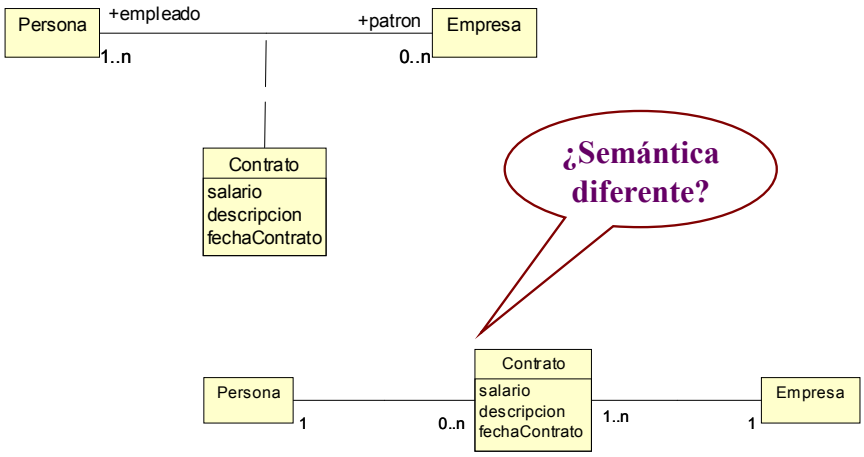
Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- Para representar las propiedades (atributos) de una asociación se emplea una **Clase Asociación**.
  - Añade una **restricción**: "*Sólo puede existir una instancia de la asociación entre cualquier par de objetos participantes*".
    - En el ejemplo no se permite que una persona tenga varios trabajos para la misma compañía.



Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- **Ejemplo** de una Clase Asociación

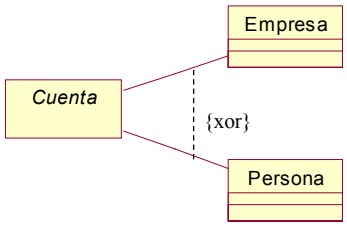


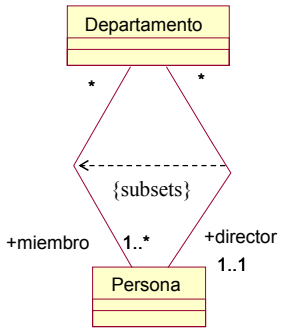
Elementos Estructurales - Relaciones de Asociación

- A los extremos de asociación se les pueden aplicar **modificadores**:
  - **Orden** (***ordered***): El conjunto de objetos de un extremo de una asociación (con multiplicidad mayor que uno) están ordenados.
  - **Unicidad**: Los objetos del extremo de asociación son únicos o no.
  - **Capacidad de modificación** (***readonly***): Una vez añadido un enlace desde un objeto del otro extremo, no se puede modificar ni eliminar.

Elementos Estructurales - Restricciones entre Relaciones

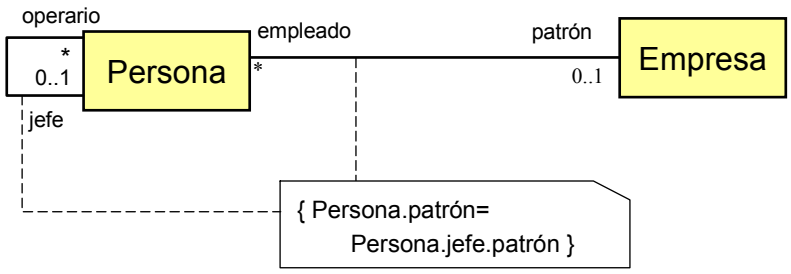
- UML 2 incluye algunas restricciones inter-relación predefinidas de uso habitual.





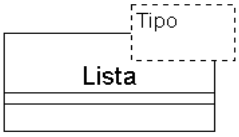
Elementos Estructurales - Restricciones entre Relaciones

- Se pueden formular otras restricciones inter-relación (definidas por el usuario) utilizando OCL o pseucódigo.
  - Ejemplo: "Una persona trabaja para la misma empresa que su jefe"



Elementos Estructurales – Clases Especiales

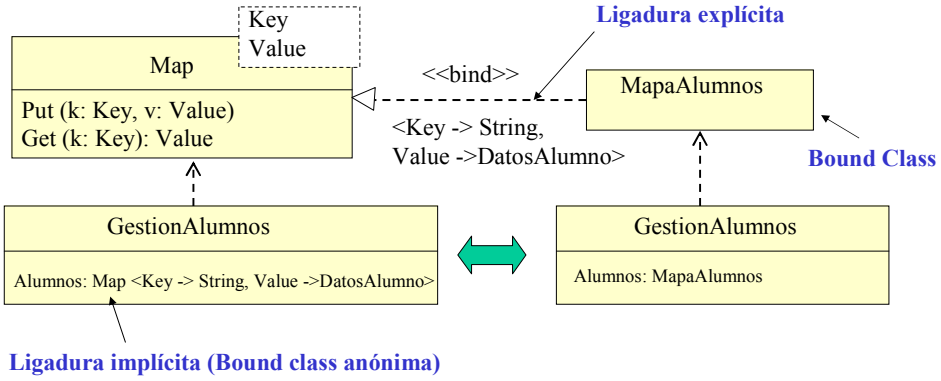
- **Clases Plantilla** (*Template*)
  - Es un elemento de UML que permite definir clases parametrizadas.
  - Incluye "huecos" (**parámetros**) para clases, objetos y valores.
    - Se representan dentro de un rectángulo discontinuo en la esquina superior derecha del símbolo de la clase.



  - No se puede utilizar directamente ya que debe ser instanciada antes => Asignando valores concretos a todos los parámetros que declara la plantilla.
    - Se suelen utilizar como clases auxiliares, que pueden ser instanciadas en diferentes partes del modelo con diferentes valores.

Elementos Estructurales – Clases Especiales

- Instanciación de clases plantilla
  - La instanciación se puede realizar a través de ligadura implícita o explícita (estereotipo <<bind>>)
  - La clase instanciada se denominada "*bound class*" (clase ligada)

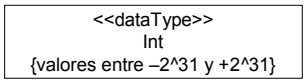


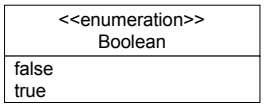
Elementos Estructurales – Clases Especiales

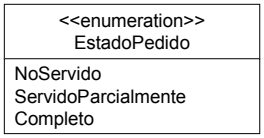
- UML 2 incluye varios estereotipos predefinidos aplicables a clases:
  - metaclass: sus objetos son clases.
  - stereotype: el clasificador es un estereotipo aplicable a otros elementos.
  - utility: clase cuyos atributos y operaciones son estáticos. No tiene instancias.
  - auxiliary: da soporte a otra clase más importante.
  - focus: define la lógica central para una o más clases auxiliares. Se usa en constrate a <<auxiliary>>.

Elementos Estructurales – Clases Especiales

- Las clases sirven también para especificar tipos de datos.
  - Las instancias de estas clases se identifican por valor
  - Se utilizan los estereotipos
    - <<dataType>> : Para objetos que son identificados por valor.
      - Si se necesita especificar el rango de valores, hay que utilizar restricciones.
    - <<enumeration>> : Para un tipo definido por enumeración.
  - Se suelen utilizar para modelar tipos primitivos de los lenguajes de programación





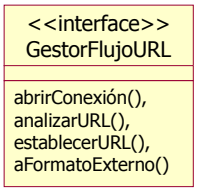


Elementos Estructurales – Interfaces

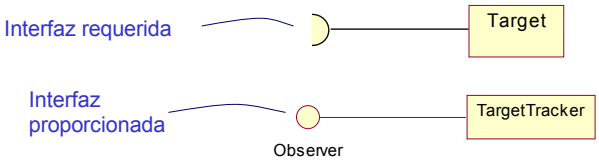
- Las interfaces definen una línea entre la especificación de lo que una abstracción hace y la implementación de cómo lo hace.
- Una interfaz proporciona una separación clara entre las vistas externa e interna de una abstracción, haciendo posible comprenderla sin tener que entrar en los detalles de su implementación.
- Una **interfaz** es una colección de operaciones que especifican los servicios de una clase o componente.
  - Se utilizan para modelar las líneas de separación dentro de un sistema.
  - Al evolucionar el sistema los cambios en una parte no se propagan a otras

Elementos Estructurales – Interfaces

- Se declaran mediante la clase estereotipada <<interface>>



- En **UML 2** existe una **notación** especial para mostrar la relación entre una clase y sus interfaces:



Elementos Estructurales – Interfaces

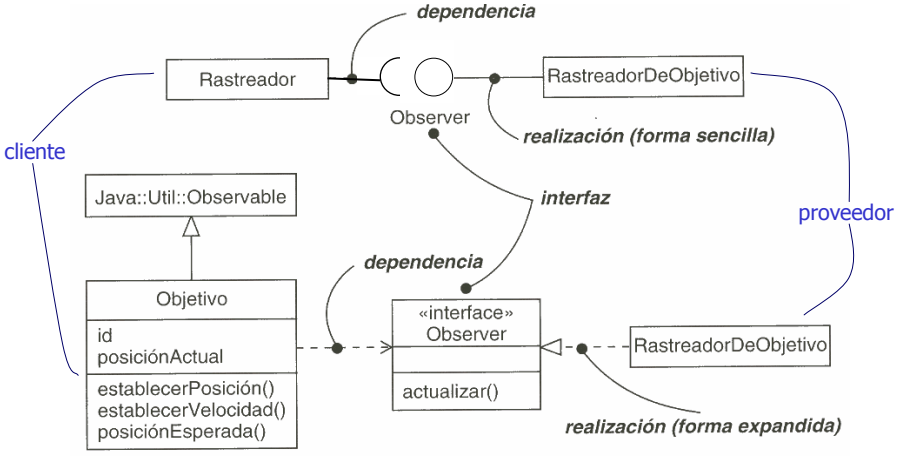
- Características de las Interfaces:
  - Nombre.
    - Simple
    - Con camino: <paquete>::<interfaz>
      - Ejemplo: Sensores::IDestino
  - Operaciones.
    - Se pueden adornar con las técnicas ya vistas.
  - Atributos
    - Pueden tener atributos => Las clases que las implementen no deben tener necesariamente ese atributo, sólo parecerlo (métodos set y get)
      - Mejor no utilizarlo así, definir directamente los métodos
  - Relaciones.
    - Puede intervenir en relaciones de generalización, asociación y dependencia como lo hacen las clases.
    - Además intervienen en relaciones de realización.

Elementos Estructurales – Interfaces

- Se puede ampliar la especificación de una interfaz con:
  - Pre y post-condiciones
    - El cliente que necesita usar la interfaz será capaz de entender qué hace y cómo utilizarla, sin necesidad de indagar en su implementación.
  - Una máquina de estados
    - Para especificar el orden parcial permitido de las operaciones de la interfaz.
  - Colaboraciones
    - Para especificar el comportamiento esperado a través de una serie de diagramas de interacción.

Elementos Estructurales – Relaciones de Realización

- Las **realizaciones de interfaces** se pueden representar de dos formas:

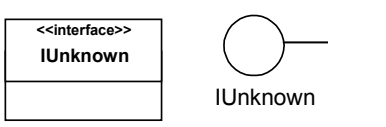


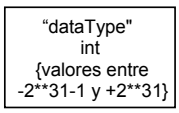
Elementos Estructurales – Otros Clasificadores

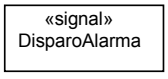
- EN UML 2 todos los elementos de modelado que pueden tener instancias se llaman **clasificadores**
  - Extienden a la clase raíz Classifier
- Aunque la clase es el clasificador más importante, existen otros (ya hemos visto algunos):
  - **Interfaz**: Colección de operaciones que especifican un servicio de una clase o componente.
  - **Tipo de datos**: Tipo cuyos valores no tienen identidad, incluyendo los tipos primitivos definidos (números y strings), así como los tipos enumerados (booleanos, etc.).
  - **Señal**: Especificación de un estímulo asíncrono enviado entre instancias.
  - **Componente**: Parte física y reemplazable de un sistema que es conforme a y proporciona la realización de un conjunto de interfaces.
  - **Artefacto**: Una pieza física de información que se utiliza o se produce durante el desarrollo del sistema, como ficheros de código, modelos, scripts, etc.
  - **Nodo**: Elemento físico que existe en tiempo de ejecución y representa un recurso computacional (generalmente una máquina).
  - **Caso de uso**: Descripción de una secuencia de acciones, incluyendo variantes, que ejecuta un sistema y produce un resultado observable para un actor particular.

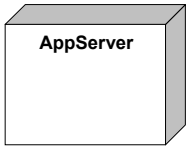
Elementos Estructurales – Otros Clasificadores

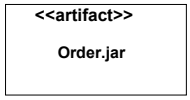
- Los diferentes tipos de clasificadores se identifican a través de
  - estereotipos
  - iconos especiales

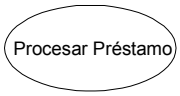












Diagramas de Clases

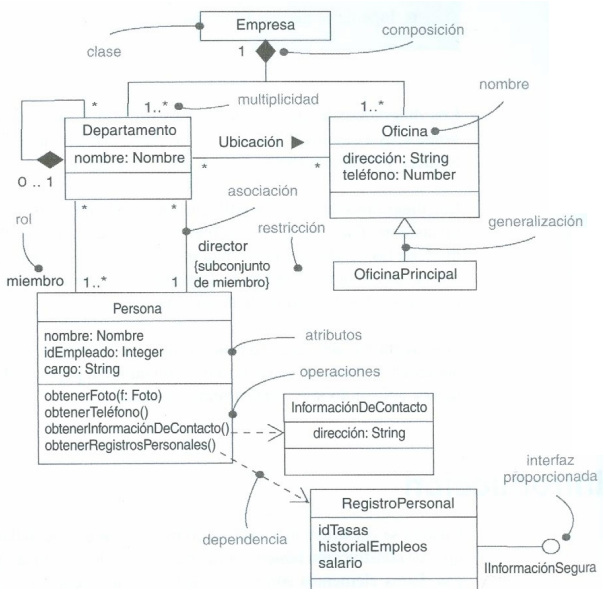
- Tienen múltiples utilidades:
  - Modelar la vista de diseño estática de un sistema
    - Soportar los requisitos funcionales
  - Pueden modelar:
    - Vocabulario del sistema
    - Colaboraciones entre clases para implementar una funcionalidad
    - Esquemas de datos
  - Son los diagramas principales en las fases de análisis y diseño
  - Son la base para los diagramas de componentes y los de despliegue.

Diagramas de Clases

- **Contenido** de un Diagrama de Clases
  - Clases
  - Interfaces
  - Relaciones
    - Dependencia
    - Generalización
    - Asociación
    - Realización
  - Notas
  - Restricciones
  - Paquetes (agrupar elementos)
  - Instancias

Diagramas de Clases

- **Ejemplo** de Diagrama de Clases



Diagramas de Clases

- Análisis vs Diseño
  - Los adornos de las clases de diseño son más completos que en las clases de análisis.

Analysis

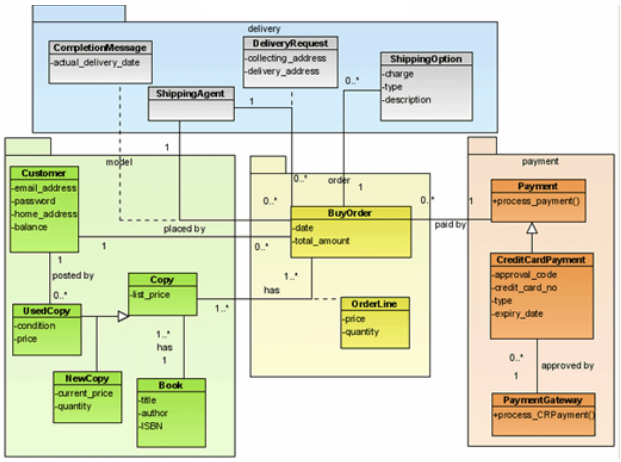
Order
Placement Date Delivery Date Order Number
Calculate Total Calculate Taxes

Design

Order
- deliveryDate: Date - orderNumber: int - placementDate: Date - taxes: Currency - total: Currency
calculateTaxes(Country, State): Currency # calculateTotal(): Currency getTaxEngine() {visibility=implementation}

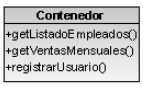
Diagramas de Clases

- En un diagrama de clase pueden aparecer clases de diferentes paquetes
- Se puede hacer explícita la pertenencia a paquetes



Diagramas de Clases - Consejos

- Al **modelar clasificadores**:
  - Elegir el tipo de clasificador (clase, interfaz, componente, etc.) que mejor se adapte a la abstracción.
- Un **clasificador** está **bien estructurado** si:
  - Tiene aspectos tanto estructurales como de comportamiento.
  - Tiene cohesión fuerte y acoplamiento débil.



  - Muestra solo lo necesario para ser usado y oculta lo demás.
  - Evita la ambigüedad en su objetivo y en su semántica.
  - Debe dar libertad a los implementadores evitando la sobre-especificación.
  - Al contrario, no debe tener ambigüedad en significado por estar infra-especificado.

Diagramas de Clases - Consejos

- Al **modelar clases**:
  - Cada clase debe corresponderse con una abstracción tangible o conceptual en el dominio del usuario final o del implementador.
- Una **clase** está **bien estructurada** si:
  - Ofrece una abstracción precisa.
  - Contiene un conjunto pequeño y bien definido de responsabilidades.
  - Proporciona una distinción clara entre la especificación de la abstracción y su implementación.
  - Es comprensible y sencilla, a la vez que extensible y adaptable.

Diagramas de Clases - Consejos

- Al **dibujar un clasificador**:
  - Mostrar sólo aquellas propiedades importantes para comprender la abstracción en su contexto.
  - Elegir una versión con estereotipo de forma que proporcione la mejor imagen visual de su propósito.
- Si se trata de **dibujar una clase**:
  - Organizar las listas largas de atributos y operaciones, agrupándolos de acuerdo a su categoría.
  - Mostrar las clases relacionadas en el mismo diagrama.

Diagramas de Clases - Consejos

- Una **relación bien estructurada** se caracteriza porque:
  - Sólo muestra las características necesarias para ser usada, ocultando las demás.
  - No es ambigua en su objetivo y semántica.
  - Da cierta libertad a los implementadores evitando la sobre-especificación.
  - No tiene ambigüedad en su significado por estar infra-especificada.

Diagramas de Clases - Consejos

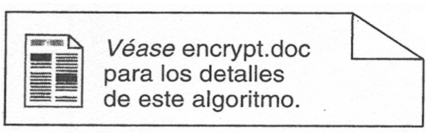
- Al **modelar relaciones** elegir el tipo de relación y los adornos que mejor se adaptan a la abstracción dada:
  - Usar dependencias sólo cuando la relación no sea estructural.
  - Usar asociaciones donde existan verdaderas relaciones estructurales.
    - No cuando representen variables de procedimientos o parámetros (relaciones temporales).
  - Usar generalización sólo cuando la relación significa "es-un-tipo-de".
  - Intentar evitar la herencia múltiple (reemplazar por agregación si se puede).
  - Las jerarquías de herencia no deben ser muy profundas (menos de 6 niveles) ni demasiado anchas (reducir anchura usando clases abstractas).

Diagramas de Clases - Consejos

- Al **dibujar relaciones**:
  - Usar líneas verticales o horizontales combinadas con oblicuas buscando
    - Aprovechar mejor el espacio en diagramas complejos.
  - Evitar cruces de líneas.
  - Mostrar sólo aquellas relaciones necesarias para comprender una agrupación de elementos.
  - Mostrar solo las propiedades de la relación que son importantes para comprenderla.

Diagramas de Clases - Consejos

- Al **añadir notas**:
  - Usarlas solo para los requisitos, observaciones, revisiones y explicaciones que no se pueden expresar en UML directamente.
  - Usarlas de forma similar a los post-it en papel para facilitar el seguimiento del trabajo.
- Al **dibujar notas**:
  - Los comentarios largos se deben poner en un documento aparte y usar la nota para referirse a dicho comentario.



Diagramas de Clases - Consejos

- Un **diagrama de clases bien estructurado** se caracteriza porque:
  - Se centra en comunicar **UN** aspecto de la vista de diseño estática del sistema.
  - Contiene sólo los elementos esenciales para comprender ese aspecto.
  - Ofrece detalles de forma consistente con el nivel de abstracción, mostrando sólo los adornos esenciales para su comprensión.
    - => Diferentes adornos en análisis y en diseño.
  - La semántica importante debe estar reflejada.

Diagramas de Clases - Consejos

- Al **dibujar un diagrama de clases**:
  - Su nombre debe comunicar el propósito.
  - Distribuir sus elementos para minimizar los cruces.
  - Organizar los elementos espacialmente de forma que los cercanos semánticamente también estén próximos visualmente.
  - Usar notas y colores para llamar la atención sobre aspectos importantes.
  - No mostrar demasiados tipos de relaciones. En cada diagrama suele prevalecer un tipo de relación:
    - Un diagrama para mostrar una jerarquía de generalizaciones.
    - Otro diagrama para mostrar asociaciones.

Diagramas de Clases - Consejos

- Al **modelar una interfaz**:
  - Recordar que debe representar una línea de separación en el sistema, separando especificación de implementación.
    - Por ejemplo: Mejor métodos set y get que definir atributos
- Una **interfaz** está **bien estructurada** si:
  - Es sencilla y completa, incluyendo todas las operaciones necesarias para especificar un único servicio.
  - Es comprensible, proporcionando suficiente información para permitir su uso o su realización.
  - Es manejable, facilitando información para guiar al usuario hacia sus propiedades principales.

Diagramas de Clases - Consejos

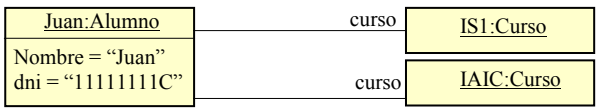
- Al **dibujar una interfaz**:
  - Usar la notación de piruleta cuando solo es necesario señalar una línea de separación en el sistema.
    - Caso más frecuente en **componentes**
  - Usar la notación expandida cuando es necesario visualizar los detalles del servicio ofrecido.
    - Caso más frecuente en **clases**

Objetos

- **Objetos vs Instancias**
  - En UML es común el mecanismo de abstracción de clasificación, manifestado por la dualidad **Abstracción-Instancia**:
    - Casos de Uso vs instancias de Casos de Uso.
    - Nodos vs instancias de Nodos.
    - Asociaciones vs instancias de asociaciones (enlaces).
  - Una instancia es una manifestación concreta de una abstracción, a la que se puede aplicar operaciones y puede tener un estado (atributos).
  - Los **objetos** son las **instancias de** abstracciones de tipo **clase**.

Objetos – Identidad y Estado

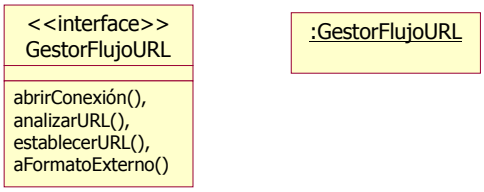
- El **estado de un objeto** está determinado por todos los pares (<propiedad>:<valor>)
  - Todas las propiedades estructurales deben recibir valor:
    - Atributos
    - Asociaciones
- El estado de un objeto es dinámico, puede variar en el tiempo
  - Excepto si todas las propiedades de la clase son {readOnly}



- Cada objeto tiene una identidad única
  - Dos objetos de la misma clase, con todos los valores de sus propiedades iguales, son distintos
  - Excepto en el caso de elementos de tipo <<dataType>> o <<enumeration>>

Objetos – Objetos prototípicos

- Se pueden declarar objetos anónimos, que actúan como objetos prototípicos
- Se utilizan especialmente para declarar objetos de clases abstractas o de interfaces

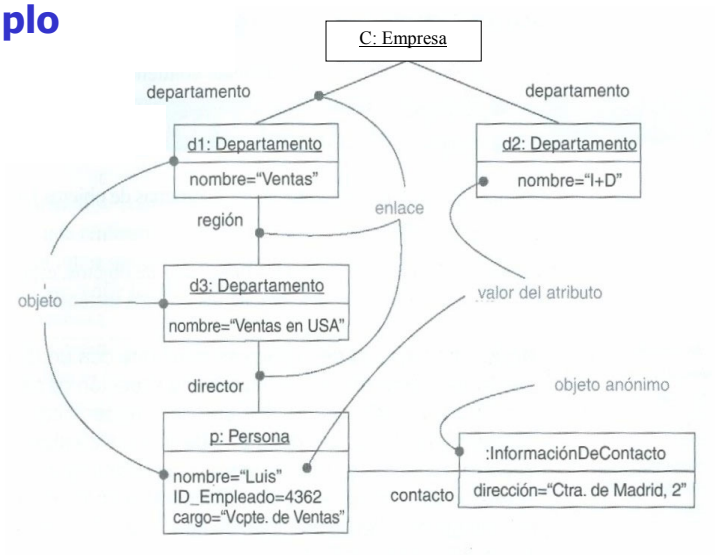


Diagramas de Objetos

- Sirven para modelar:
  - Una instancia del sistema en un momento concreto, o
  - Un conjunto de objetos, sus estados y sus relaciones en un momento concreto
- **Contenido**
  - Objetos
  - Enlaces
  - Notas y restricciones
  - Clases (para mostrar explícitamente la abstracción asociada a un objeto).

Diagramas de Objetos

- **Ejemplo**



Diagramas de Objetos - Consejos

- Al **modelar instancias**:
  - Toda instancia debe representar una manifestación de una abstracción (clase, componente, nodo, caso de uso, asociación).
  - Una **instancia** está **bien estructurada** si:
    - Está asociada explícitamente con una abstracción.
    - Tiene un nombre único extraído del vocabulario del dominio del problema o del dominio de la solución (salvo en instancias prototípicas).
- Al **dibujar una instancia**:
  - Incluir el nombre de la abstracción salvo que sea obvio por el contexto.
  - Las listas largas de atributos y sus valores deben agruparse por categorías.

Diagramas de Objetos - Consejos

- Un **diagrama de objetos bien estructurado**:
  - Se centra en comunicar **UN** aspecto de la vista de diseño estática o la vista de procesos estática del sistema.
  - Contiene solo aquellos elementos necesarios para comprender ese aspecto.
  - Generalmente representa una escena (un instante concreto) de la historia representada por diagrama de interacción.
  - Los detalles son consistentes con el nivel de abstracción.
    - Muestra solo los valores de atributos y enlaces necesarios para su comprensión.

Diagramas de Objetos - Consejos

- Al **dibujar un diagrama de objetos**:
  - Darle un nombre que comunique su propósito.
  - Situar los elementos minimizando los cruces de líneas.
  - Organizar espacialmente los elementos de forma que los cercanos semánticamente estén también próximos visualmente.
  - Usar notas y colores para resaltar las características importantes.
  - Incluir los valores y el estado de los objetos cuando es necesario para comunicar el propósito.

Mecanismos de Extensión

- Al presentar UML ya se indicaron los tres mecanismos disponibles para extender y particularizar UML 2:
  - **Estereotipos**
    - Extienden el vocabulario de UML, permitiendo definir nuevos tipos de elementos y relaciones a partir de los existentes pero específicos de un problema o dominio.
    - Algunos de uso frecuente ya están predefinidos en UML.
  - **Valores Etiquetados**
    - Extienden las propiedades de un estereotipo, permitiendo crear nueva información en la especificación del estereotipo.
  - **Restricciones**
    - Especifican condiciones que deben satisfacer los elementos del modelo.

Mecanismos de Extensión

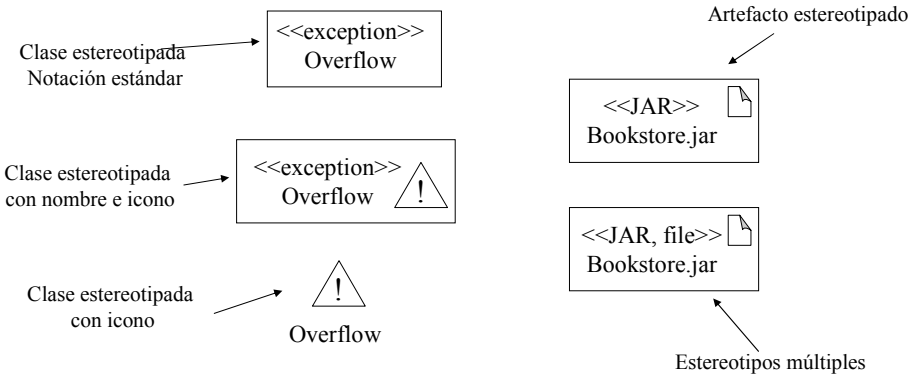
- Estos mecanismos, junto con las notas, permiten **especificar nueva semántica** no proporcionada con los elementos estándares predefinidos en UML.
  - =>
    - Permiten extender el "Metamodelo" de UML.
    - Mi UML
    - UML a la carta
    - Hacen que la dicotomía UML vs DSLs se reduzca

Mecanismos de Extensión - Estereotipos

- Un **Estereotipo** es una **extensión del vocabulario de UML**:
  - Permite crear nuevos tipos de bloques de construcción primitivos similares a los existentes, pero específicos del problema que se modela.
- Se parte de un concepto UML (representado en su metamodelo), y se extiende, incorporándole aspectos diferenciadores:
  - Conjunto propio de propiedades (valores etiquetados)
  - Semántica propia (restricciones)
  - Notación diferenciada (icono)

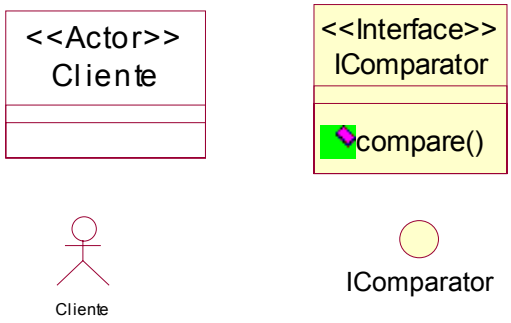
Mecanismos de Extensión - Estereotipos

- **Ejemplos**



Mecanismos de Extensión - Estereotipos

- **Ejemplos** de Estereotipos Predefinidos



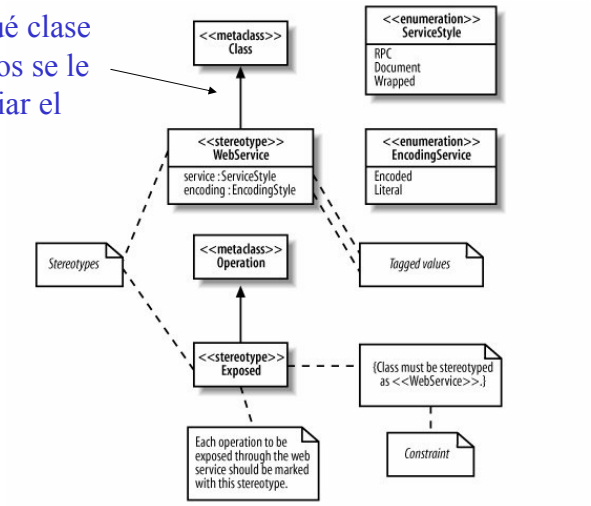
Clases estereotipadas

Mecanismos de Extensión - Estereotipos

- Para crear un estereotipo:
  1. Asegurarse que el concepto no existe.
  2. Identificar el constructor de UML más cercano (clase, interfaz, componente, etc. – del metamodelo de UML).
  3. Definir el estereotipo a partir de dicho constructor, con todos sus detalles:
     - Las propiedades y semántica del nuevo elemento se definen mediante un conjunto de valores etiquetados y restricciones.
     - Si se desea asociar un símbolo gráfico hay que definir un icono.
- A partir de UML 2.0 los estereotipos sólo se pueden crear dentro de un perfil

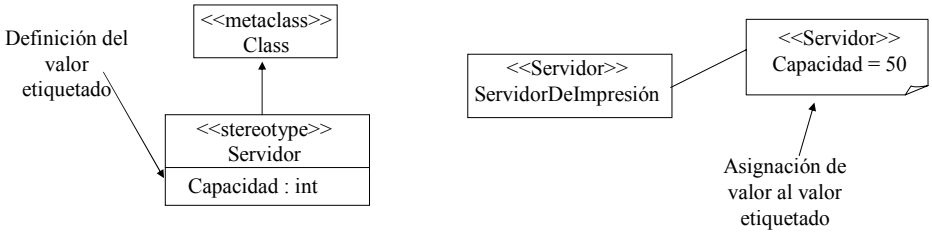
Mecanismos de Extensión - Estereotipos

Define a qué clase de elementos se le puede asociar el estereotipo



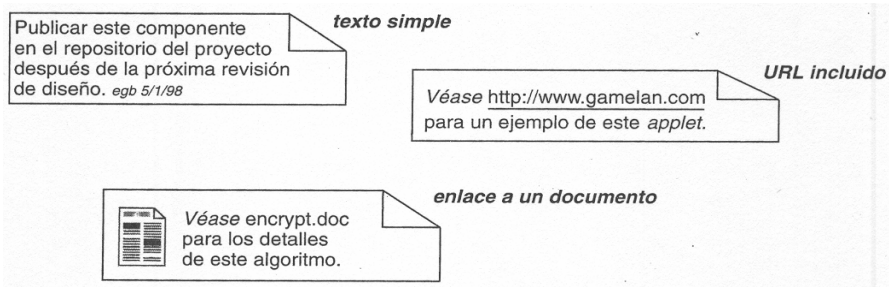
Mecanismos de Extensión – Valores Etiquetados

- Permiten extender las propiedades de un elemento para añadir nueva información a su especificación.
  - Si con los estereotipos se pueden añadir nuevos constructores a UML, con los valores etiquetados se pueden añadir nuevas propiedades.
- Sólo se pueden usar asociados a los estereotipos



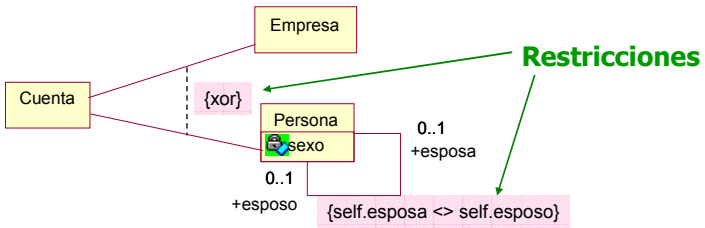
Mecanismos de Extensión –Anotaciones

- Las **anotaciones** de UML permiten representar **restricciones** o **comentarios** asociados a un elemento o a una colección de elementos.
- No alteran el contenido semántico del elemento al que se asocian.



Mecanismos de Extensión – Restricciones

- Las **restricciones** extienden la semántica de un elemento añadiendo nuevas reglas o modificando las existentes.
  - Se representan con una cadena de caracteres entre llaves
    a) Colocada junto al elemento al que está asociada o conectada, o
    b) Conectada a ese elemento/s por relaciones de dependencia.



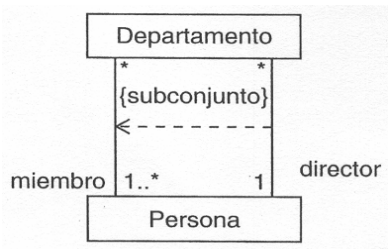
Mecanismos de Extensión – Restricciones

- Las restricciones se pueden formalizar en **OCL** (Object Constraint Language)
- OCL permite definir restricciones que no se pueden expresar en diagramas UML. Ejemplo:
  - "*Dos tablas de un mismo esquema relacional deben tener distinto nombre*".

```
context Table
  inv: tablasDistintoNombre
    tablas -> forAll ( t1, t2 |
       t1.name = t2.name implies t1 = t2)
  end
```

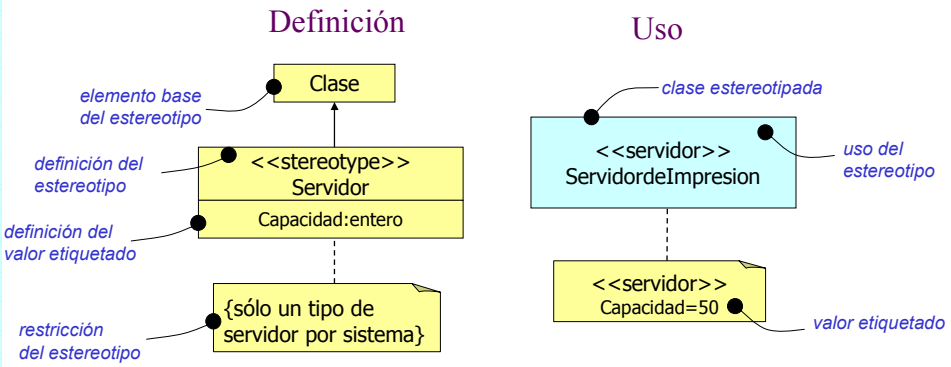

Mecanismos de Extensión – Restricciones

- Para crear una restricción:
  - Asegurarse de que no existe ya en UML una forma de expresar la restricción.
  - Si se puede expresar en un diagrama
    - Escribirla como anotación adjunta (conectada) al elemento al que se refiere.
    - En caso contrario, escribirla aparte y referenciarla desde el diagrama.



Mecanismos de Extensión - Restricciones

- Ejemplo:
  - Un estereotipo "Servidor" a partir de "Clase", añadiéndole la propiedad (valor etiquetado) Capacidad (entero) y la restricción de que sólo puede haber un tipo de servidor por sistema.



Mecanismos de Extensión – Perfiles

- Gracias a los mecanismos de extensión, UML se puede considerar como una familia de lenguajes de modelado:
  - Lenguaje UML core + perfiles
- Un **perfil** define una extensión y especialización de UML.
  - Implica una **forma específica de usar UML** para un dominio concreto (modelado del negocio, BBDD relacionales, tiempo real, etc.).

Mecanismos de Extensión – Perfiles

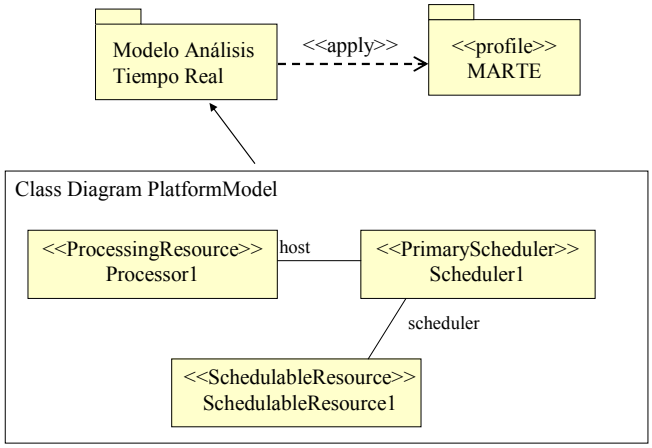
- Un **perfil** está formado por un conjunto predefinido de:
  - Estereotipos
    - Con su correspondiente notación (iconos)
  - Valores Etiquetados
    - Asociados a sus correspondientes estereotipos
  - Restricciones
  - Clases básicas
  - Subconjunto de tipos de elementos de UML
    - Evitar confusiones con tipos de elementos no necesarios

Mecanismos de Extensión – Perfiles

- La importancia de un perfil proviene de su difusión => Búsqueda de estándares
- Algunos de los perfiles existentes (definidos por OMG):
  - Systems Modeling Language (SysML)
  - for Data Distribution
  - for Modeling and Analysis of Real-time and Embedded Systems (MARTE)
  - for Modeling QoS and Fault Tolerance Characteristics and Mechanisms
  - for Voice
  - …

Mecanismos de Extensión – Perfiles

- Para poder usar elementos de un perfil, debemos "aplicar" primero el perfil al paquete que nos interese



Mecanismos de extensión - Consejos

- Al **extender un modelo**:
  - En cada proyecto la lista de **estereotipos, valores etiquetados y restricciones** debe estar homologada, evitando que cada ingeniero vaya por libre.
    - En UML 2 esto se consigue con el uso de perfiles
  - Elegir nombres cortos y auto-explicativos para estereotipos y valores etiquetados.
- Al **dibujar dichas extensiones**:
  - Hacer un uso moderado de los estereotipos gráficos.
  - Combinar colores, sombreado e iconos buscando la sencillez.

Modelado

- Los diagramas de clases y de objetos sirven para **modelar diversos aspectos estructurales** o estáticos de un sistema:
  - Vocabulario del Sistema
  - Distribución de Responsabilidades
  - Semántica de una Clase
  - Colaboraciones
  - Esquemas de Datos
  - Redes de Relaciones
  - Instancias

Modelado - Vocabulario del Sistema

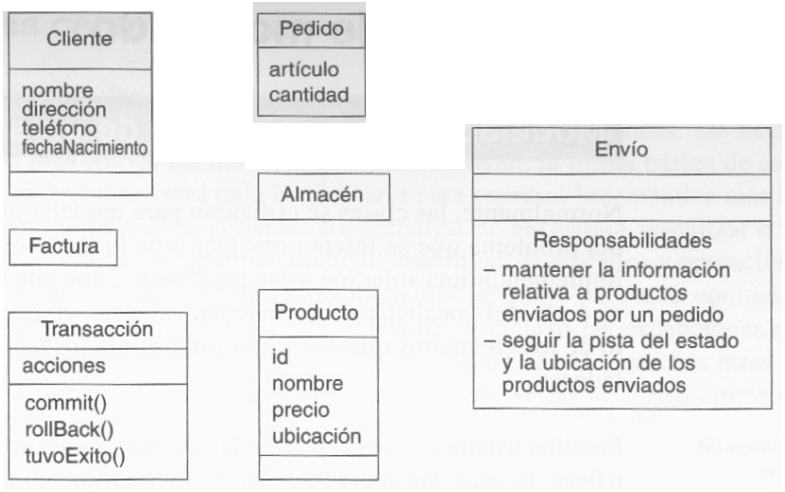
- El **vocabulario del sistema** está formado por las abstracciones que son importantes para los usuarios y para los implementadores.
  - Para modelar el vocabulario de un sistema:
    1. Identificar aquellas cosas (abstracciones) que utilizan los usuarios/implementadores para describir el problema o la solución (tarjetas CRC, análisis con casos de uso).
    2. Identificar las responsabilidades de cada abstracción.
    3. Definir atributos y operaciones necesarios para cumplir con las responsabilidades.
- Cuando los modelos aumentan de tamaño, las abstracciones tienden a unirse en grupos relacionados conceptual y semánticamente (paquetes).

Modelado - Vocabulario del Sistema

- **Ejemplo** de un Sistema de Ventas
  - Registrar los pedidos, incluyendo el detalle de los productos y su cantidad.
  - Existe un catálogo con todos los productos.
  - Registrar los productos a través del código de barras o tecleando su identificación.
  - Se debe mostrar el nombre y el precio del producto.
  - Calcular el total de la factura ¿y los descuentos?.
  - Llevar un registro de los clientes y sus pedidos y facturas.
  - Actualizar automáticamente el stock de cada producto en almacén.
  - Llevar un control de los envíos asociados a cada pedido.
  - ….

Modelado - Vocabulario del Sistema

- **Ejemplo** de un Sistema de Ventas

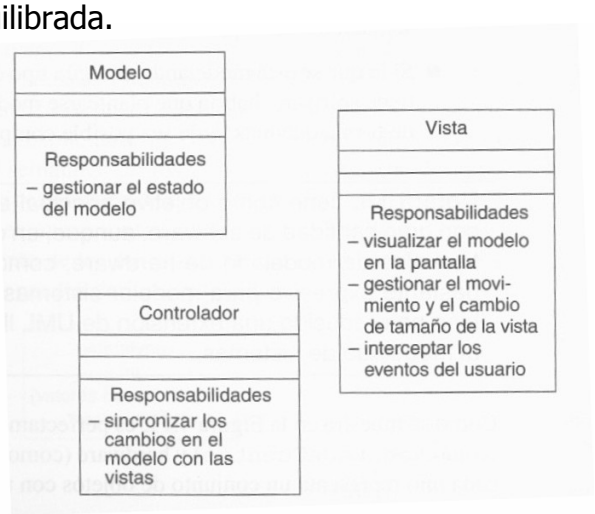


Modelado - Distribución de Responsabilidades

- Hay que conseguir un equilibrio en el reparto de responsabilidades porque:
  - Clases muy grandes son difíciles de cambiar y no muy reutilizables.
  - Clases muy pequeñas son difíciles de manejar y comprender.
- Para **modelar la distribución de responsabilidades**:
  1. Identificar un conjunto de clases que colaboran para que se realice cierto comportamiento.
  2. Identificar las responsabilidades de cada una.
  3. Equilibrar las clases de manera óptima:
     - Dividir las clases con demasiadas responsabilidades.
     - Agrupar clases con responsabilidades triviales.
  4. Redistribuir las responsabilidades de manera adecuada.
     - Para que ninguna clase haga demasiado o muy poco en una colaboración.

Modelado - Distribución de Responsabilidades

- **Ejemplo**. Modelado con responsabilidades distribuidas de forma equilibrada.



Modelado – Semántica de una Clase

- Una vez identificadas las abstracciones (del problema o de la implementación de la solución), es necesario **especificar la semántica completa de las clases** que las representan.
- Para ello se distingue entre:
  - **Vista pública externa**
    - Especificación de lo que hace la clase.
    - Dirigida a los clientes.
  - **Vista privada interna**
    - Especificación de cómo lo hace.
    - Dirigida a los implementadores.
- UML dispone de un amplio rango de formas de modelar la semántica de una clase.

Modelado – Semántica de una Clase

- De menor a mayor nivel de formalidad, la semántica de una clase se puede especificar mediante:

- Formalidad +

  - Las responsabilidades.
  - Un texto en una nota estereotipada (*semantics*) con junto a la clase.
  - Notas incluyendo el cuerpo de cada método como texto estructurado o en un lenguaje de programación. Cada nota se une a su operación por una dependencia.
  - Las pre y post-condiciones de cada operación. Se pueden especificar para cada operación de la clase.
  - Una máquina de estados para la clase, con posibles invariantes de clase.
  - La estructura interna de la clase (nuevos diagramas en UML 2).
  - OCL para expresar los invariantes de la clase y las pre y post-condiciones de cada operación.

Modelado - Colaboraciones

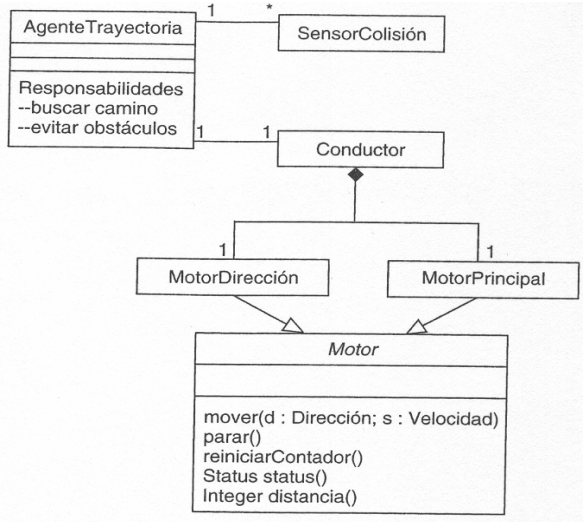
- Ninguna clase se encuentra aislada.
  - Cada clase colabora con otras para llevar a cabo alguna semántica mayor que la suma de las semánticas individuales de cada clase.
  - *¡El todo es mayor que la suma de las partes!*
- Además de capturar el vocabulario del sistema, es necesario modelar la forma en que los elementos del vocabulario colaboran entre sí.
  - Estas **colaboraciones** se representan mediante diagramas de clases.

Modelado - Colaboraciones

- Para **modelar una colaboración**:
  1. Identificar los comportamientos de la parte del sistema que se quieren modelar.
     - Cada comportamiento es el resultado de la interacción de una sociedad de clases, interfaces y otros elementos.
  2. Para cada comportamiento, identificar las clases, interfaces y otras colaboraciones que intervienen.
     - Identificar también las relaciones entre dichos elementos.
  3. Para cada comportamiento, usar escenarios para recorrer la interacción entre los elementos.
     - Durante el recorrido se descubren partes que faltaban y otras que eran incorrectas.
  4. Rellenar los elementos con su contenido: repartir las responsabilidades entre las clases, para después obtener los atributos y operaciones.

Modelado - Colaboraciones

- **Ejemplo**. Modelado de una colaboración para el movimiento de un robot autónomo.



Modelado – Esquemas de Datos

- En muchos sistemas es necesario modelar **objetos persistentes** (objetos almacenados en un repositorio permanente o base de datos).
- **UML** permite modelar los tres tipos de **esquemas** que se manejan en **bases de datos**:
  - Conceptuales
  - Lógicos (relacionales)
  - Físicos (para una tecnología concreta)
- Los diagramas de clases de UML son un superconjunto de los diagramas entidad-relación (ER).
  - UML ≅ ER (datos) + Comportamiento

Modelado – Esquemas de Datos

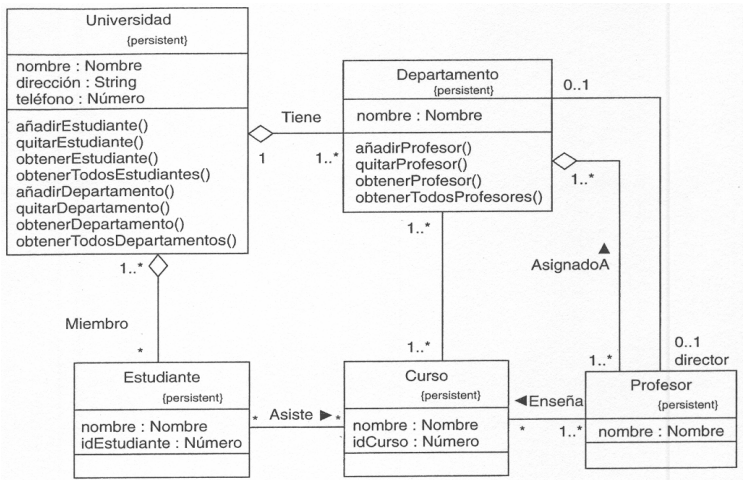
- Para **modelar un esquema de datos**:
  1. Identificar las clases cuyo estado debe trascender el tiempo de vida de la aplicación (clases persistentes).
  2. Crear un diagrama de clases que contenga dichas clases.
     - Se pueden utilizar perfiles que contengan estereotipos acordes a detalles específicos de base de datos (como clave principal, etc.)
  3. Expandir los detalles estructurales de las clases persistentes:
     - Especificar atributos y asociaciones entre las clases.
  4. Crear abstracciones intermedias para simplificar la estructura y evitar patrones conflictivos.
     - Evitar o resolver ciclos de asociaciones.
     - Sustituir asociaciones uno a uno.

Modelado – Esquemas de Datos

- Para **modelar un esquema de datos**: (cont.)
  5. Considerar el comportamiento de las clases persistentes.
     - Definir aquellas operaciones importantes para el acceso a los datos y para la integridad de éstos.
     - La manipulación de conjuntos de estos objetos persistentes a niveles superiores (debidos a la lógica de la aplicación) debe encapsularse en una capa (paquete) por encima de las clases persistentes.
       - ESTILO EN TRES CAPAS (Interfaz, Dominio, Almacenamiento)
  6. Si es posible, usar herramientas que generen el esquema físico de forma (semi)-automática a partir del esquema lógico.
     - Visual Paradigm puede generar los esquemas SQL para diversos SGBDs.

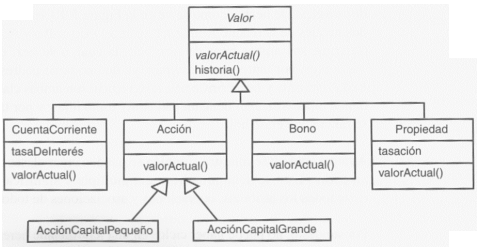
Modelado – Esquemas de Datos

- **Ejemplo**. Modelo del esquema lógico de datos de un sistema de gestión universitaria.



Modelado – Redes de Relaciones

- Para **modelar jerarquías de herencia**:
  - Buscar responsabilidades, atributos y operaciones comunes a dos o más clases.
  - Estos elementos comunes se adjudican a una clase más genérica.
    - Si no existe, dicha clase debe ser creada.
  - Hay que indicar que las clases más específicas heredan de la clase general.



Modelado – Redes de Relaciones

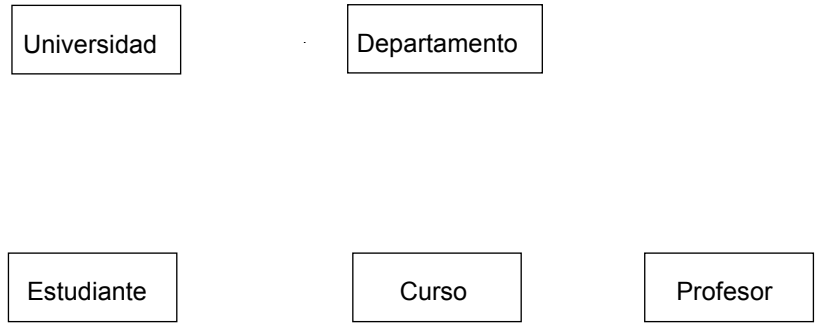
- Las relaciones de **dependencia y generalización son asimétricas** al vincular dos clases de distinto nivel de importancia o abstracción.
  - En generalización, las clases hijas heredan de la clase padre, pero ésta última no tiene conocimiento de sus clases hijas.
  - En dependencia, la clase utilizada no tiene conocimiento de las clases que hacen uso de ella.
- En cambio, al usar una **asociación es simétrica** porque conecta clases del mismo nivel:
  - Entre ambas clases existe un camino estructural (la asociación) a través del cual interactúan los objetos de las clases.

Modelado – Redes de Relaciones

- Para **modelar relaciones estructurales**:
  1. Para cada par de clases, hay que **especificar una asociación** entre ambas si:
     a. Es necesario navegar o interactuar desde los objetos de una hacia los de la otra
        - Aparte de como variables locales de un procedimiento o parámetros de una operación (asociación guiada por el comportamiento).
  2. Para cada una de dichas asociaciones, especificar la multiplicidad y los roles.
  3. Si una de las clases es un todo comparada con las clases del otro extremo, que parecen sus partes, marcarla como una agregación o composición, según la exigencia de la semántica todo-parte.

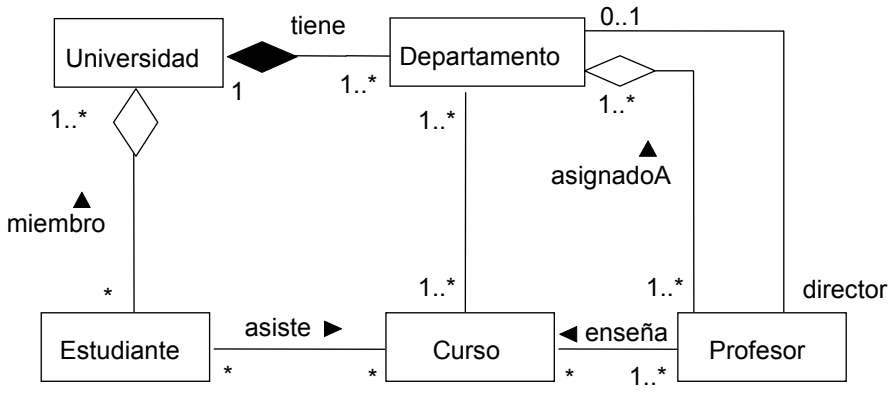
Modelado – Redes de Relaciones

- **Ejemplo**. Modelado de relaciones estructurales.
  - ¿Qué asociaciones y generalizaciones ponemos?



Modelado – Redes de Relaciones

- **Ejemplo**. Modelado de relaciones estructurales.



Modelado – Redes de Relaciones

- Al **modelar redes complejas de relaciones** la clave del éxito es hacerlo de manera incremental, siguiendo los siguientes pasos:
  - Usar los casos de uso y escenarios para guiar el descubrimiento de las relaciones.
  - Modelar las relaciones estructurales mediante asociaciones (parte estática).
  - Identificar las relaciones de generalización/especificación.
  - Buscar dependencias (van apareciendo al ir añadiendo responsabilidades a las clases).
  - Para cada relación, comenzar con las características básicas para después aplicar las avanzadas si es necesario.
  - Evitar diagramas muy complejos. Hacer diferentes vistas (diagramas) resaltando en cada uno conjuntos interesantes de relaciones.

Modelado – Instancias

- Para **modelar instancias concretas**:
  1. Identificar las instancias que son necesarias y suficientes para modelar el problema.
  2. Representarlas en UML, asignándoles un nombre si es posible.
  3. Añadir el estereotipo, valores etiquetados y atributos (con sus valores) de cada instancia que son necesarios para modelar el problema.
  4. Representar dichas instancias y sus enlaces en un diagrama apropiado al tipo de instancia
     - Diagrama de Objetos para instancias de clase.

Modelado – Instancias

- Los diagramas de objetos sirven para mostrar estructuras de objetos, es decir, conjuntos interesantes de objetos concretos o prototípicos, relacionados entre sí.
- Para **modelar una estructura de objetos**:
  1. Identificar el comportamiento que se desea modelar.
  2. Crear una colaboración para describirlo.
  3. Identificar las clases, interfaces y demás elementos y las relaciones entre ellos.
  4. Considerar un escenario y congelarlo (foto fija), representando cada objeto que participa en el.
  5. Mostrar el estado y los valores de los atributos de los objetos, si es necesario para comprender el escenario.
  6. Mostrar los enlaces (instancias de asociación) entre los objetos.

Modelado – Instancias

- **Ejemplo**. Modelado de una estructura de objetos para un robot autónomo.