



ugr

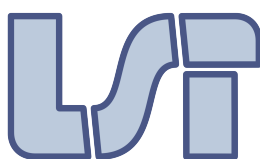
Universidad  
de Granada

FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE  
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

## Resumen del temario

Autor

Carlos Sánchez Páez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE TELECOMUNICACIÓN

CURSO 2017-2018

# Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Tema 1. Introducción a la Ingeniería del Software</b>         | <b>5</b>  |
| 1.1. El producto Software . . . . .                                 | 5         |
| 1.1.1. Definición de Software . . . . .                             | 5         |
| 1.1.2. Tipos de software . . . . .                                  | 5         |
| 1.1.3. Características principales . . . . .                        | 5         |
| 1.1.4. Proceso de producción . . . . .                              | 6         |
| 1.1.5. Problemas en el desarrollo . . . . .                         | 7         |
| 1.2. Concepto de Ingeniería del Software . . . . .                  | 8         |
| 1.2.1. Definiciones de la Ingeniería del Software . . . . .         | 8         |
| 1.2.2. Terminología usada en Ingeniería del Software . . . . .      | 8         |
| 1.3. Proceso de desarrollo del software . . . . .                   | 10        |
| 1.3.1. Concepto de proceso de desarrollo . . . . .                  | 10        |
| 1.3.2. Modelo general de proceso . . . . .                          | 11        |
| 1.3.3. Tipos de modelos de proceso . . . . .                        | 12        |
| 1.3.4. Proceso unificado . . . . .                                  | 16        |
| 1.3.5. Desarrollo Ágil . . . . .                                    | 18        |
| <b>2. Tema 2. Ingeniería de Requisitos</b>                          | <b>19</b> |
| 2.1. Introducción . . . . .   | 19        |
| 2.1.1. Concepto de requisito y tipos . . . . .                      | 20        |
| 2.1.2. Propiedades de los requisitos . . . . .                      | 21        |
| 2.1.3. Tareas de la Ingeniería de Requisitos . . . . .              | 22        |
| 2.1.4. Roles . . . . .  | 23        |
| 2.1.5. Problemas de la Ingeniería de Requisitos . . . . .           | 24        |
| 2.2. Obtención de Requisitos . . . . .                              | 24        |
| 2.2.1. Proceso de obtención de requisitos . . . . .                 | 24        |
| 2.2.2. Técnicas de obtención . . . . .                              | 26        |
| 2.2.3. Técnicas de entrevista . . . . .                             | 26        |
| 2.2.4. Técnicas de análisis etnográfico . . . . .                   | 26        |
| 2.3. Modelado de Casos de Uso . . . . .                             | 27        |
| 2.3.1. Introducción . . . . .                                       | 27        |
| 2.3.2. Diagramas de Casos de Uso . . . . .                          | 28        |
| 2.3.3. Actor . . . . .  | 28        |
| 2.3.4. Caso de Uso . . . . .  | 31        |
| 2.3.5. Descripción del actor . . . . .                              | 34        |
| 2.3.6. Descripción del Caso de Uso . . . . .                        | 35        |
| 2.3.7. Relaciones de los Casos de Uso . . . . .                     | 38        |
| 2.3.8. Proceso de construcción del modelo de Casos de Uso . . . . . | 43        |
| 2.3.9. Otros aspectos del modelo de Casos de Uso . . . . .          | 44        |
| 2.4. Análisis y especificación de requisitos . . . . .              | 46        |
| 2.4.1. Introducción . . . . .                                       | 46        |
| 2.4.2. Análisis orientado a objetos (AOO) . . . . .                 | 47        |
| 2.4.3. Modelos del AOO . . . . .                                    | 47        |
| 2.4.4. Modelo estático. Diagrama conceptual . . . . .               | 47        |
| 2.4.5. Modelo de comportamiento . . . . .                           | 48        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3. Tema 3. Diseño e implementación</b>         | <b>51</b> |
| 3.1. Introducción al diseño . . . . .             | 51        |
| 3.1.1. Definición y características . . . . .     | 51        |
| 3.1.2. Principios de diseño . . . . .             | 51        |
| 3.1.3. Herramientas de diseño . . . . .           | 54        |
| 3.1.4. Métodos de diseño . . . . .                | 55        |
| 3.1.5. Modelo de diseño . . . . .                 | 55        |
| 3.1.6. Tareas del diseño . . . . .                | 56        |
| 3.2. Diseño de los casos de uso . . . . .         | 56        |
| 3.3. Diseño de la estructura de objetos . . . . . | 56        |
| 3.4. Diseño de la arquitectura . . . . .          | 56        |

## Índice de figuras

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Etapas del proceso de producción del software. . . . .                               | 6  |
| 2.  | Comparativa de esfuerzos. . . . .  | 6  |
| 3.  | Problemas en la comunicación. . . . .  | 7  |
| 4.  | Impacto del cambio en las distintas etapas. . . . .                                  | 7  |
| 5.  | Sistema basado en computadora. . . . .   | 8  |
| 6.  | Sistema Software. . . . .  | 9  |
| 7.  | Modelo. . . . .  | 9  |
| 8.  | Estructura del proceso. . . . .  | 11 |
| 9.  | Tipos de flujos de proceso. . . . .  | 12 |
| 10. | Modelo en cascada. . . . .   | 13 |
| 11. | Modelo incremental. . . . .  | 14 |
| 12. | Modelo de prototipos . . . . .   | 15 |
| 13. | Modelo en espiral de Boehm . . . . .   | 16 |
| 14. | Proceso unificado. . . . .   | 16 |
| 15. | Ejemplo de Proceso Unificado . . . . .   | 17 |
| 16. | Resultados del informe <i>CHAOS</i> . . . . .  | 19 |
| 17. | Tipos de requisito. . . . .  | 20 |
| 18. | Actividades en el análisis de requisitos. . . . .                                    | 22 |
| 19. | Revisión de requisitos. . . . .  | 23 |
| 20. | Diagrama de caso de uso . . . . .  | 28 |
| 21. | Representaciones de un actor en UML. . . . .   | 28 |
| 22. | Distintos roles para los actores. . . . .  | 29 |
| 23. | Ejemplos de actores. . . . .   | 29 |
| 24. | Relación entre actores. . . . .  | 31 |
| 25. | Representación de un caso de uso. . . . .  | 31 |
| 26. | Ejemplo de caso de uso (elegir proyecto). . . . .                                    | 32 |
| 27. | Ejemplo de un caso de uso (gestión de proyectos). . . . .                            | 33 |
| 28. | Plantilla para la descripción de un actor . . . . .                                  | 34 |
| 29. | Ejemplo: descripción del actor profesor. . . . .                                     | 34 |
| 30. | Diferencia entre caso de uso básico y extendido. . . . .                             | 35 |
| 31. | Diferencia entre caso de uso real y esencial. . . . .                                | 35 |
| 32. | Plantilla básica para casos de uso . . . . .   | 36 |
| 33. | Ejemplo: plantilla básica del caso de uso elegir proyecto . . . . .                  | 36 |
| 34. | Plantilla extendida para casos de uso. . . . .                                       | 37 |
| 35. | Ejemplo: plantilla extendida del caso de uso elegir proyecto. . . . .                | 38 |
| 36. | Tipos de relaciones entre casos de uso . . . . .                                     | 39 |
| 37. | Ejemplo de inclusión en un diagrama. . . . .   | 40 |
| 38. | Ejemplo de inclusión en la descripción de un caso de uso (alquilar película) . . . . | 40 |
| 39. | Distintas notaciones de la relación de extensión. . . . .                            | 41 |
| 40. | Ejemplo de extensión en la descripción de un caso de uso (devolver película) . . .   | 41 |
| 41. | Ejemplo de descripción de un caso de uso de extensión (emitir aviso) . . . . .       | 42 |
| 42. | Notación UML de la relación de generalización. . . . .                               | 42 |
| 43. | Ejemplo de generalización. . . . .   | 43 |
| 44. | Diagrama de paquetes. . . . .  | 44 |
| 45. | Diagrama de actividad. . . . .   | 45 |
| 46. | Diferencias entre modelos. . . . .   | 46 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 47. | Ejemplo de modelo estático. . . . .                           | 48 |
| 48. | Ejemplo de diagrama de secuencia. . . . .                     | 49 |
| 49. | Plantilla de contrato. . . . .                                | 49 |
| 50. | Ejemplo de contrato. . . . .                                  | 50 |
| 51. | Diseño. . . . .   | 51 |
| 52. | Gráfico adecuado de modularidad. . . . .                      | 52 |
| 53. | Abstracción. . . . .  | 52 |
| 54. | Abstracción procedimental. . . . .                            | 53 |
| 55. | Abstracción de datos. . . . .                                 | 53 |
| 56. | Ocultamiento de información. . . . .                          | 54 |
| 57. | Modelo de diseño. . . . .                                     | 55 |
| 58. | Paso de modelo de análisis a modelo de diseño. . . . .        | 55 |
| 59. | Correspondencia entre modelo de análisis y de diseño. . . . . | 56 |

# 1. Tema 1. Introducción a la Ingeniería del Software

## 1.1. El producto Software

### 1.1.1. Definición de Software

El software se puede definir de varias formas:

- Programa o conjunto de programas de cómputo que incluye datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático.
- Transformador de información, para lo que adquiere, gestiona, modifica, produce o transmite esa información.

### 1.1.2. Tipos de software

Podemos clasificar el software en varios tipos:

#### 1. Por *campo de aplicación*:

- a) Software de **sistemas**.
- b) Software de **aplicaciones**.
- c) Software de **programación**.

#### 2. Por *tipo de licencia*:

- a) Según derechos de autor
  - 1) Software de **código abierto**.
  - 2) Software de **código cerrado**.
  - 3) Software de **dominio público**.
- b) Según su destinatario
  - 1) Usuario final (software **hecho a medida**).
  - 2) Para distribución (software **genérico**).

### 1.1.3. Características principales

1. El software es un producto lógico:
  - a) No se fabrica, sino que se desarrolla.
  - b) No se estropea, sino que se deteriora.
2. Crea modelos de la realidad.
3. Está formado por múltiples piezas que deben encajar perfectamente.

#### 1.1.4. Proceso de producción

El proceso de producción del software está formado por las siguientes etapas:

1. **Definición.** Debemos precisar lo que queremos desarrollar. Para ello debemos realizar varias tareas:
  - Ingeniería de Sistemas.
  - Ingeniería de Requisitos.
  - Planificación de proyectos.
2. **Construcción.** Hemos de determinar cómo desarrollaremos el software. Depende de:
  - Diseño del software.
  - Generación del código.
  - Prueba del software.
3. **Evolución.** Consiste en precisar las partes del software que cambiarán.
  - Corrección.
  - Adaptación.
  - Mejora.
  - Prevención.

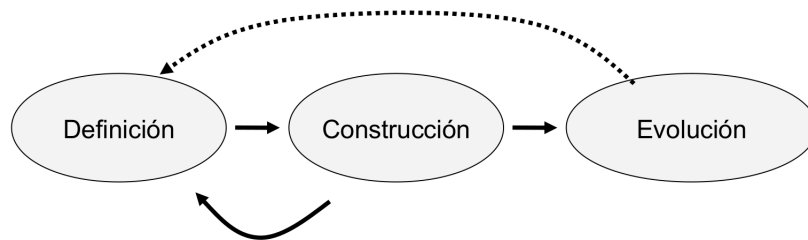
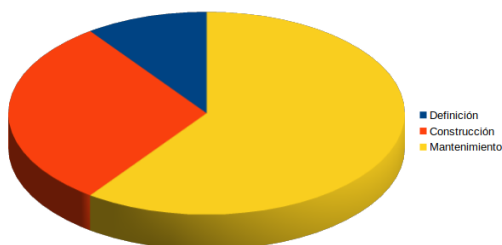
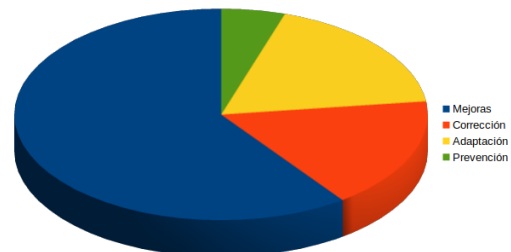


Figura 1: Etapas del proceso de producción del software.



(a) Esfuerzo invertido en las distintas etapas.



(b) Esfuerzo invertido en las distintas etapas del mantenimiento.

Figura 2: Comparativa de esfuerzos.

### 1.1.5. Problemas en el desarrollo

#### 1. Comunicación entre personas.

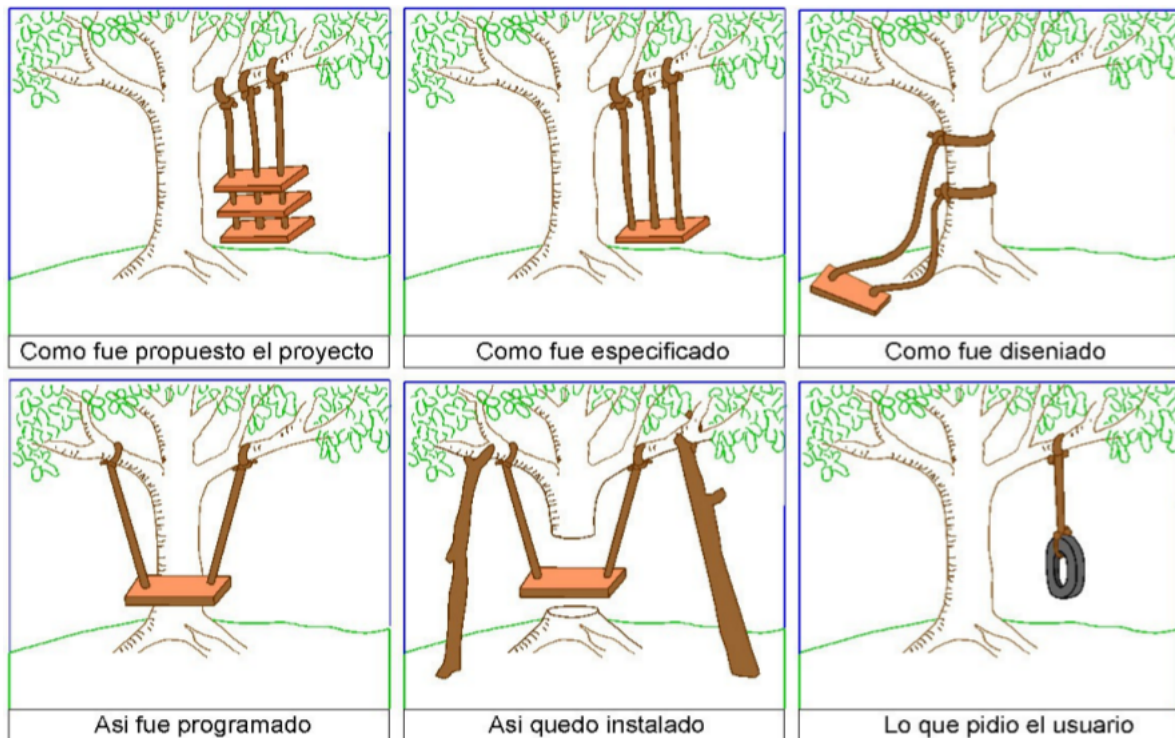


Figura 3: Problemas en la comunicación.

#### 2. Incumplimiento de la **planificación**.

#### 3. Incorporación de **cambios** en etapas avanzadas.

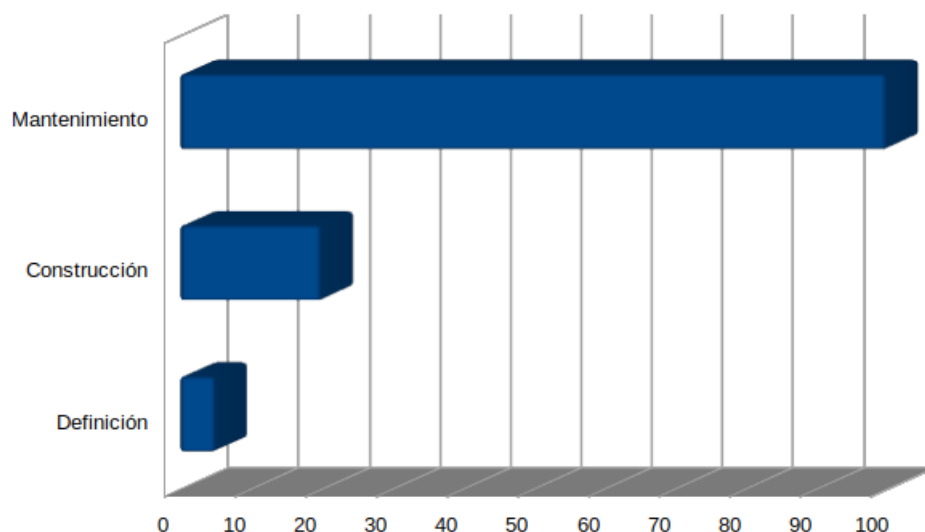


Figura 4: Impacto del cambio en las distintas etapas.

**Desastres ocasionados por sistemas software** La mayoría de ellos tienen como causa pruebas deficientes, mala documentación, diseños pobres o inexistentes, mal estudio del problema, etc.



## 1.2. Concepto de Ingeniería del Software

La *Ingeniería del Software* surgió por varias necesidades:

- Mal funcionamiento (calidad).
- Mantenimiento del software existente.
- Demanda creciente del nuevo software.
- Adaptación a las nuevas tecnologías.
- Incremento de la complejidad.

### 1.2.1. Definiciones de la Ingeniería del Software

1. Establecimiento de los principios y métodos de la ingeniería a fin de obtener software de modo rentable que sea fiable y trabaje en máquinas reales.
2. Aplicación práctica del conocimiento científico en el diseño y construcción de programas de computadora y la documentación asociada y requerida para el desarrollo, operación y mantenimiento del programa.
3. Estudio de los principios y métodos para el desarrollo y mantenimiento de sistemas software.
4. Aplicación de un enfoque sistémico, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software; es decir, aplicación de la ingeniería al software.
5. Conjunto de teorías, métodos e instrumentos (tecnológicos y organizativos) que permitan construir sistemas software con las características de calidad deseadas.
6. Disciplina de ingeniería que se interesa por todos los aspectos de la producción de software, desde las primeras etapas de la especificación hasta el mantenimiento del sistema después de su puesta en operación.

### 1.2.2. Terminología usada en Ingeniería del Software

- **Sistema.** Conjunto de elementos relacionados entre sí y con el medio, que forman una unidad o un todo organizativo.
- **Sistema basado en computadora.** Conjunto o disposición de elementos organizados para cumplir una meta predefinida al procesar información.

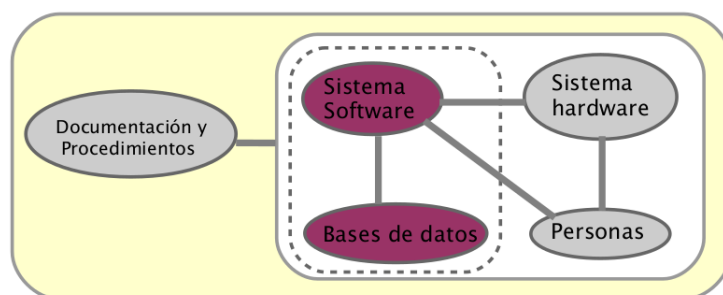


Figura 5: Sistema basado en computadora.

- **Sistema Software.** Conjunto de piezas o elementos software relacionados entre sí y organizados en subsistemas.

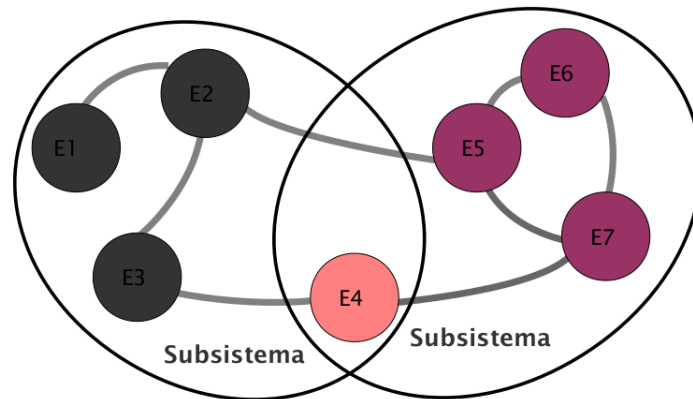


Figura 6: Sistema Software.

- **Modelo.** Representación de un problema en un determinado lenguaje. De un mismo problema se pueden construir muchos modelos.

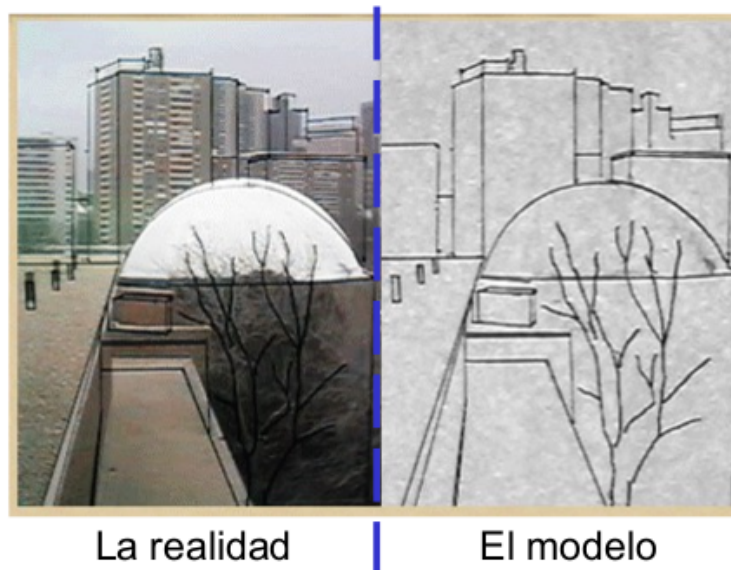


Figura 7: Modelo.

- **Principio.** Elementos que son adquiridos mediante el conocimiento. Determinan las características que debe poseer un modelo para ser una representación adecuada de un sistema.
- **Herramienta.** Instrumentos que permiten la representación de modelos.
- **Técnica.** Modo de utilización de las herramientas.
- **Heurísticas.** Conjunto de reglas empíricas que al ser aplicadas producen modelos que se adecuan a los principios. Ejemplo: *No usar materiales flexibles para representar la maqueta de un edificio.*

- **Proceso.** Estructura que debe establecerse para la obtención eficaz de un producto de Ingeniería.
- **Método.** Proporciona la experiencia técnica para elaborar el producto software. Se basa en principios fundamentales e incluye actividades de modelado.

## 1.3. Proceso de desarrollo del software

### 1.3.1. Concepto de proceso de desarrollo

- **Proceso de desarrollo del software.** Conjunto de *actividades, acciones y tareas* que se realizan cuando va a crearse un producto o sistema software.
- **Actividad.** Busca el logro de objetivos amplios e independientes del tipo de aplicación a desarrollar y su complejidad.
- **Acción.** Conjunto de tareas que elaboran un producto importante como resultado.
- **Tarea.** Objetivo pequeño y bien definido que produce un resultado tangible.

Las actividades que se realizan pueden ser de varios tipos:

#### 1. **Estructurales.** Se dedican a obtener el producto:

- a) **Comunicación.** Colaboración con el cliente para entender los objetivos y requisitos del proyecto.
- b) **Planificación.** Definición del plan de proyecto en el que se describen los riesgos probables, recursos adquiridos y productos obtenidos a la vez que se programan las actividades, acciones y tareas.
- c) **Modelado.** Representación mediante modelos del sistema propuesto junto con la solución o soluciones apropiadas.
- d) **Construcción.** Generación de código y su prueba.
- e) **Despliegue.** Entrega al consumidor y evaluación por parte de éste, lo que sirve como retroalimentación para el equipo de desarrollo.

#### 2. **Sombrilla.** Se aplican a lo largo de todo el proceso. Se dedican a:

- a) Seguimiento y control del proyecto.
- b) Administración del riesgo.
- c) Aseguramiento de la calidad.
- d) Revisiones técnicas.
- e) Mediciones de parámetros del proceso.
- f) Administración de la configuración.
- g) Administración de la reutilización.
- h) Preparación y producción del producto de trabajo.

### 1.3.2. Modelo general de proceso

- **Estructura del proceso.** Cada una de las actividades, acciones y tareas se encuadran dentro de una estructura que define su relación con el proceso y entre ellas.

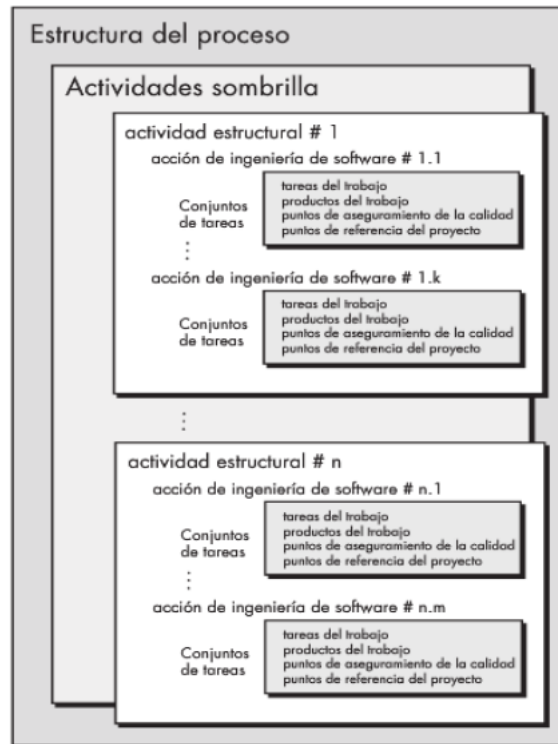
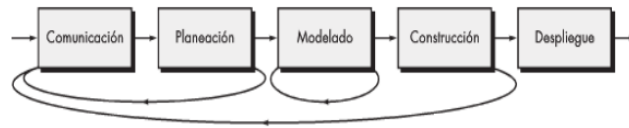


Figura 8: Estructura del proceso.

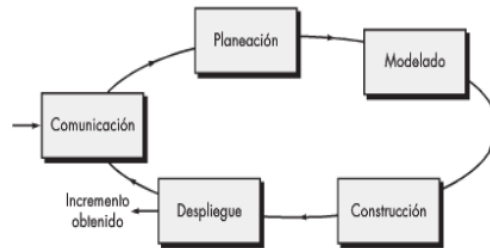
- **Flujo del proceso.** Describe la forma en la que se organizan las actividades estructurales, acciones y tareas en los procesos con respecto a la secuencia y el tiempo.



(a) Flujo de proceso lineal.



(b) Flujo de proceso iterativo.



(c) Flujo de proceso evolutivo.

Figura 9: Tipos de flujos de proceso.

#### ■ Acciones y tareas de las actividades estructurales.

1. **Obtención de requisitos.** Obtención de información respecto a la acción que debe realizar el software.
2. **Estimación y planificación del proyecto.** Estimar el tiempo y los costes del desarrollo del software.
3. **Análisis de requisitos.** Documento en el que se especifica lo que debe hacer el sistema software.
4. **Diseño.** Búsqueda de la solución. Descripción de los componentes, sus relaciones y funciones que le dan solución al problema.
5. **Implementación.** Traducción del diseño a un lenguaje de programación entendible por una máquina.
6. **Prueba del software.** Revisión y validación del código que se va desarrollando.
7. **Evaluación y aceptación.** Evaluación del producto y aceptación por parte de los interesados en él.
8. **Entrega y asistencia.** Sistema pasa a operar y se ofrece asistencia para su correcto funcionamiento.

#### 1.3.3. Tipos de modelos de proceso

- **Modelo en cascada.** Presenta una estructura secuencial y un flujo lineal. Sin embargo, los proyectos no suelen adecuarse a este modelo, es difícil expresar los requisitos a través de él al principio del proyecto y ofrece poca comunicación con el cliente, ya que hasta el final no hay un ejecutable que se pueda evaluar.

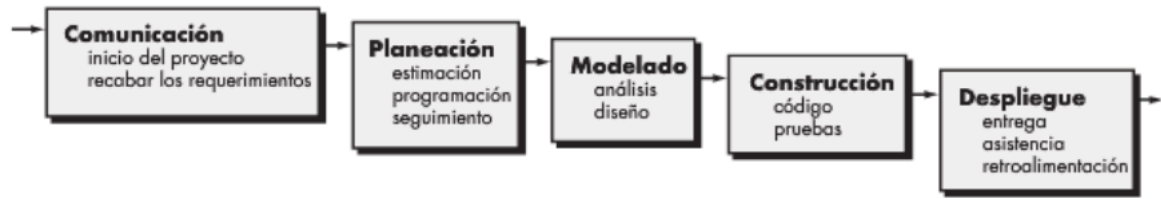


Figura 10: Modelo en cascada.

- **Modelo incremental.** Su estructura es secuencial mientras que el flujo de proceso es lineal y paralelo entre incrementos.

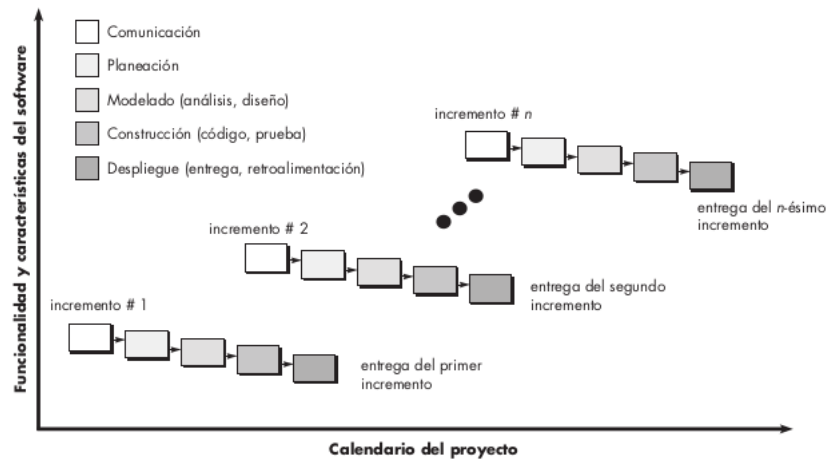


Figura 11: Modelo incremental.

- **Modelo evolutivo.** Es también iterativo. Nace como solución a varios factores, como un tiempo de entrega muy limitado o la necesidad de facilitar la incorporación de cambios. En cada iteración del proceso se obtiene un producto terminado y operativo. Sus características generales son:
  1. Afrontan los riesgos altos (técnicos, de requisitos, etc.) tan pronto como sea posible.
  2. Retroalimentación temprana por parte del cliente.
  3. Manejo de la complejidad (pasos cortos y sencillos).
  4. El conocimiento adquirido durante una iteración de la evolución se puede usar en el resto de iteraciones.
  5. Involucra continuamente al usuario (evaluación, retroalimentación, afinamiento y refinamiento de requisitos, etc.).

Hay dos tipos fundamentales de modelos evolutivos:

1. **Modelo de prototipos.** Un prototipo es una representación limitada de un producto que se utiliza para probar su diseño y comprender mejor el problema y sus posibles soluciones. Los prototipos pueden ser *evolutivos* (productos finales) o *desechables* (usados dentro de otros modelos de proceso).

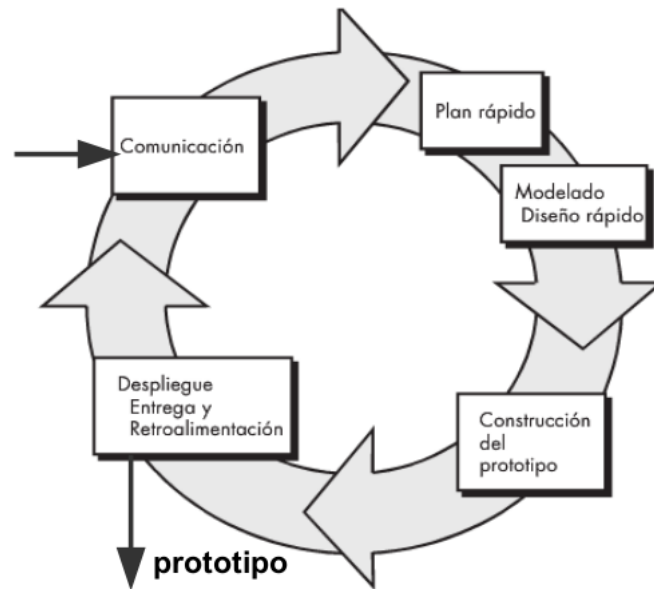


Figura 12: Modelo de prototipos

Este modelo se utiliza para:

1. Facilitar la obtención y validación de requisitos (*desechable*).
2. Estudios de viabilidad (*desechable*).
3. Propuestas de diseños alternativos (*desechable*).
4. En casos muy concretos como producto final (*evolutivo*).

Presentan todas las características de los modelos evolutivos, aunque se les añaden algunos inconvenientes:

- Crear falsas expectativas por parte del cliente (*desechable*).
  - Puede que el prototipo *desechable* se elabore con una metodología ineficiente y ésta se mantenga en el producto final.
- **Modelo en espiral de Boehm.** Además de las características de los procesos iterativos, incluye otras más:
1. Se centra en el análisis de riesgo, construyendo prototipos para su estudio.
  2. La espiral puede continuar una vez que se entregue el momento para llevar a cabo el mantenimiento.
  3. Es adecuado para el desarrollo de sistemas a gran escala.



Sus principales inconvenientes son que no es controlable y que requiere un equipo de desarrollo con gran experiencia en análisis de riesgo.

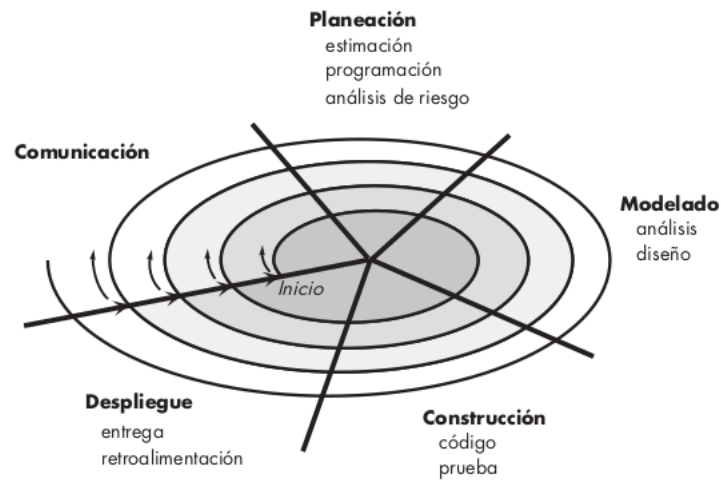


Figura 13: Modelo en espiral de Boehm

#### 1.3.4. Proceso unificado

Es un modelo de proceso evolutivo y compuesto por cuatro fases:

- Inicio o concepción.
- Elaboración.
- Construcción.
- Transición.

Estas etapas se reparten entre las actividades estructurales como podemos ver en el diagrama:

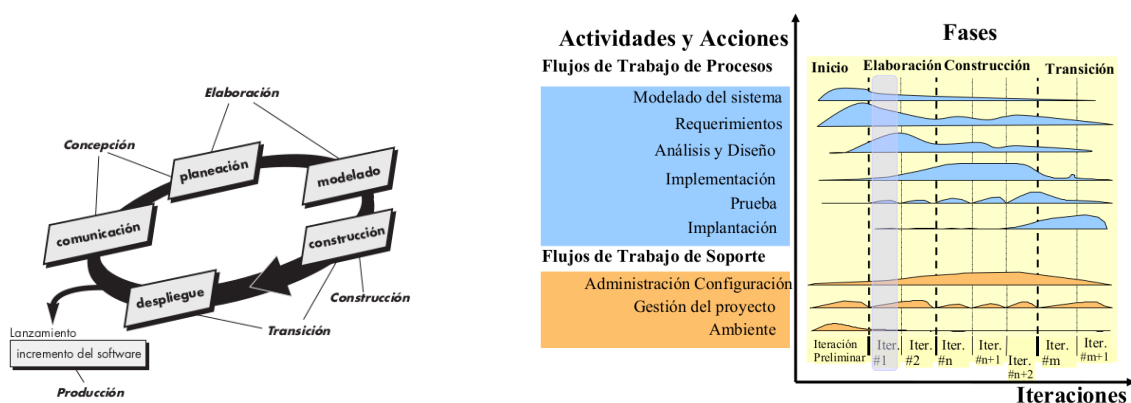


Figura 14: Proceso unificado.

Además de las características de los modelos de proceso evolutivos, el proceso unificado incorpora las siguientes:

1. Es un modelo de proceso adaptable a la complejidad y al tipo de sistema.
2. Está centrado en la arquitectura, mostrando y decidiendo los distintos aspectos arquitectónicos de un sistema software en etapas tempranas. De esta forma pueden servir de base a las posteriores.
3. Está dirigido por casos de uso, desarrollándose uno o varios en cada iteración. En iteraciones tempranas los casos de uso determinarán la arquitectura.

### Acciones y tareas en cada fase

- **Inicio.** Agrupa actividades tanto de comunicación del cliente como de planificación. Se propone una arquitectura aproximada para el sistema y se estudian numerosos factores (viabilidad, alcance, riesgos, etc.).
- **Elaboración.** Incluye actividades de comunicación y modelado de la arquitectura básica sobre la que se asentará la fase de construcción.
- **Construcción.** Se completan los modelos de requisitos y se implementan los elementos necesarios para completar el sistema. Según se van terminando los elementos, son probados e integrados al producto final. También se realizan pruebas de aceptación por parte del usuario.
- **Transición.** Consiste en asegurarse de que el sistema cumple con los requisitos especificados (mediante pruebas por parte de los usuarios). Además, se genera el material necesario para lanzar el producto al mercado.

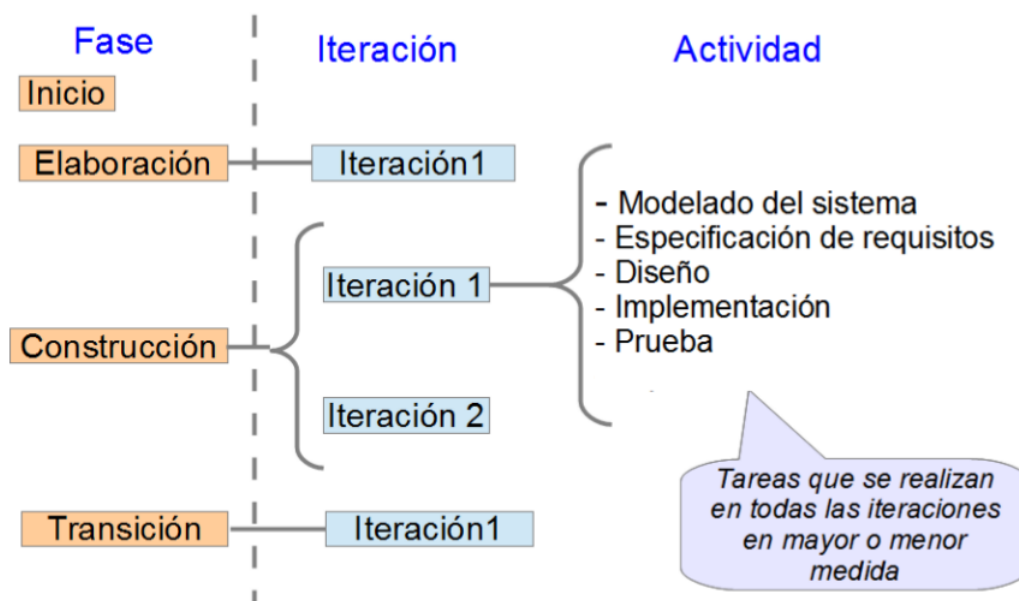


Figura 15: Ejemplo de Proceso Unificado

### 1.3.5. Desarrollo Ágil

En 2001, diecisiete expertos se preguntaron por qué muchos proyectos generaban menos valor del esperado, no se terminaban a tiempo, tenían problemas de calidad serios, etc. Tras ésto, elaboraron el *Manifiesto el Desarrollo Ágil de Software* con el que intentaban dar solución a estos problemas.

#### Características del Desarrollo Ágil

1. Es un proceso iterativo e incremental, por lo que es evolutivo.
2. Requiere entregas frecuentes y trabajo en equipo.
3. Establece autonomía en el equipo de desarrollo.
4. Exige revisiones y reuniones retrospectivas frecuentes.

Sus beneficios son que se mejora la productividad y que se manejan mejor los riesgos. Consta de varias técnicas:

- Scrum
- XP (*Extreme Programming*)
- Programación en parejas.
- TDD (*Test Driven Development*)

## 2. Tema 2. Ingeniería de Requisitos

### 2.1. Introducción

En 1995 se realizó el informe *CHAOS* sobre los resultados que se obtuvieron en diversos proyectos software:

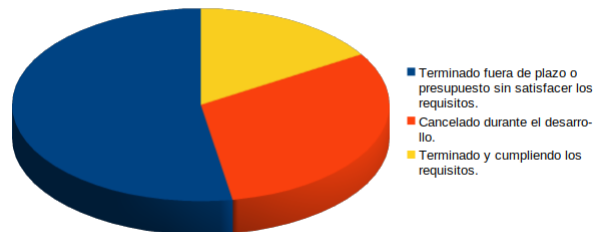


Figura 16: Resultados del informe *CHAOS*.

Los principales factores de fracaso son:

1. Falta de información por parte de los usuarios.
2. Especificación de requisitos incompleta.
3. Continuos cambios de los requisitos.
4. Pobres habilidades técnicas en la especificación de requisitos.

La **Ingeniería de Requisitos** cubre las tareas y proporciona los mecanismos adecuados para:

- Entender y analizar las necesidades del cliente.
- Evaluar la viabilidad de las necesidades.
- Negociar una solución razonable.
- Especificar la solución sin ambigüedades, confeccionando un documento que describa la solución acordada.
- Validar y analizar la especificación reflejada en el documento de especificación de requisitos, obteniendo el *modelo de análisis*.
- Administrar y desarrollar los requisitos a lo largo del proceso de desarrollo.

El proceso de construcción de una *especificación de requisitos* es iterativo. En él, partimos de las especificaciones iniciales incompletas, poco claras y ambiguas y llegamos a especificaciones finales **completas, claras, documentadas y validadas**.

### 2.1.1. Concepto de requisito y tipos

Un requisito se puede definir de varias formas:

- Condición o capacidad que debe tener un producto software para resolver la necesidad expresada por un usuario.
- Representación en forma de documento de una capacidad o condición que debe tener un producto software.
- Característica de un productor software que es condición para su aceptación por parte del cliente.
- Propiedad o restricción determinada con precisión que un producto software debe satisfacer.

**Tipos de requisito** Los requisitos se pueden clasificar según varios factores:

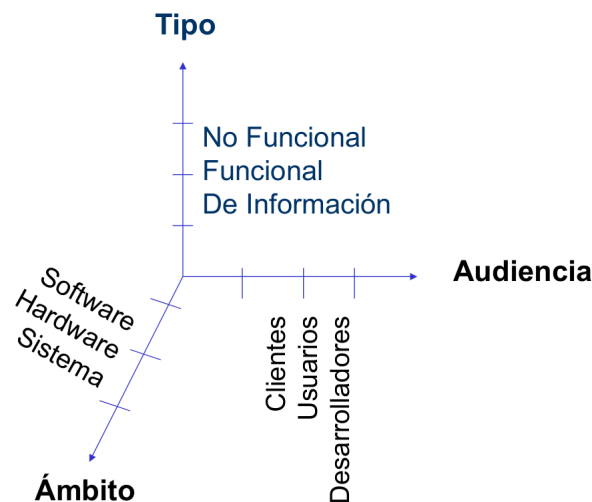


Figura 17: Tipos de requisito.

1. **Funcionales.** Describen la interacción entre el sistema y su entorno, proporcionando servicios que proveerá el sistema o indicando la forma en la que reaccionará ante determinados estímulos.
2. **No funcionales o atributo de calidad.** Describen cualidades o restricciones del sistema que no se relacionan de forma directa con el comportamiento funcional del mismo.
  - Restringen los tipos de soluciones que podemos tomar y suelen restringir el diseño que se realice.
  - No describen funciones, sino propiedades (rendimiento, fiabilidad, seguridad, etc.).
  - Son los que garantizan la calidad del software.
  - Pueden ser requisitos de producto, de organización o externos.
  - Son difíciles de determinar.
3. **De información.** Describen necesidades de almacenamiento de información en el sistema.

## Clasificación FURPS+

- Funcionalidad (**F**unctionality): requisito funcional.
- Facilidad de uso (**U**sability): factores humanos, ayuda, documentación.
- Rendimiento (**P**erformance): tiempos de respuesta, productividad, etc.
- Soporte (**S**upportability): adaptabilidad, facilidad de mantenimiento, etc.
- Pseudorrequisitos o restricciones de diseño (+):
  - **Implementación**: limitación de recursos, lenguajes, etc.
  - **Interfaz**: restricciones impuestas para la interacción con sistemas externos.
  - **Operación**: gestión del sistema en su puesta en marcha y a nivel operacional.
  - **Empaquetamiento**: formas de distribución, restricciones de instalación, etc.
  - **Legales**: licencias, derechos de autor, etc.

## Ejemplos de requisitos

- El sistema debe validar la tarjeta en menos de tres segundos.
- El sistema debe contar el número de palabras procesadas.
- El sistema se diseñará para un terminal CRT monocromo.
- Los usuarios del sistema serán en su mayoría novatos.
- Deben producirse informes útiles

### 2.1.2. Propiedades de los requisitos

Para que los requisitos sean de calidad deben satisfacer las siguientes propiedades:

- **Completos**. Todos los aspectos del sistema deben estar representados en el modelo de requisitos.
- **Consistentes**. Los requisitos no deben contradecirse entre sí.
- **No ambiguos**. No se deben poder interpretar los requisitos de varias formas distintas.
- **Correctos**. Deben representar exactamente el sistema que el cliente necesita y que el desarrollador construirá.
- **Realistas**. Los requisitos se deben poder implementar con la tecnología y presupuesto disponible.
- **Verificables**. Se deben poder diseñar pruebas para demostrar que el sistema satisface los requisitos.
- **Trazables**. Cada requisito debe poder rastrearse a través del desarrollo del software hasta su conveniente funcionalidad del sistema.

### 2.1.3. Tareas de la Ingeniería de Requisitos

1. **Estudio de viabilidad.** ¿Es conveniente desarrollar el sistema?

- ¿Soluciona el software los problemas existentes?
- ¿Se puede desarrollar con la tecnología actual?
- ¿Se puede desarrollar con las restricciones de costo y tiempo?
- ¿Puede integrarse con otros existentes en la organización?

Este paso finaliza con la obtención del *informe de viabilidad*.

2. **Obtención de requisitos.** Trabajo con clientes y usuarios para:

- Estudiar el funcionamiento del sistema.
- Descubrir las necesidades reales.
- Consensuar los requisitos entre las distintas partes.

Es un proceso difícil apoyado por diversas técnicas, como entrevistas, prototipados, casos de uso, etc.

3. **Análisis de requisitos.** Es la actividad más importante. Sus objetivos son:

- Detectar conflictos entre requisitos.
- Profundizar en el conocimiento del sistema.
- Establecer las bases para el diseño.
- Construir modelos abstractos.

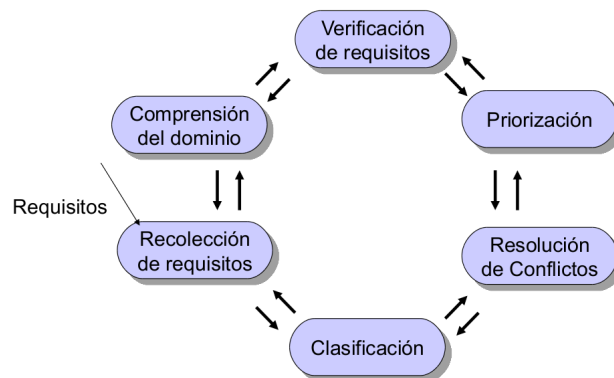


Figura 18: Actividades en el análisis de requisitos.

4. **Especificación de requisitos.** Consiste en representar los requisitos en base al modelo creado en el análisis.

## 5. Revisión de requisitos

- **Validación**<sup>1</sup>. Consiste en ver que los requisitos reflejan el problema a solucionar.
- **Verificación**<sup>2</sup>. Consiste en comprobar que la representación sea correcta.

Es un proceso continuo durante todo el desarrollo.

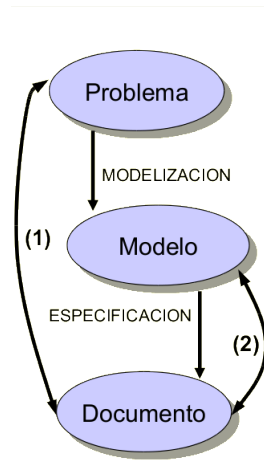


Figura 19: Revisión de requisitos.

En cada fase obtenemos una serie de productos:

- En la **obtención de requisitos**.
  1. Documentos de entrevistas.
  2. Lista estructurada de requisitos.
  3. Diagramas de casos de uso, plantillas de casos de uso y diagramas de actividad.
- En la **especificación de requisitos**.
  - Modelo arquitectónico (subsistemas) → Diagrama de paquetes.
  - Modelo estático (conceptual) → Diagrama de clases.
  - Modelo dinámico (funcional) → Diagrama de secuencia del sistema y contratos.

### 2.1.4. Roles

En la ingeniería de requisitos podemos distinguir varios roles:

- Stakeholder (personas que tienen relación con el sistema).
- Ingeniero de requisitos.
- Analista de sistemas.
- Arquitecto de software (diseño).
- Documentalista.
- Diseñador de Interfaces de Usuario.
- Gestor de proyecto,
- Revisor.



### 2.1.5. Problemas de la Ingeniería de Requisitos

Podemos agruparlos en 3 áreas:

- Dificultades para **obtener información**.
- Manejo de la **complejidad del problema**.
- Dificultades para la **integración de los cambios**.

Pueden estar causados por:

- Pobre comunicación
- Uso de técnicas inapropiadas.
- Tendencias a acortar el análisis.
- No considerar alternativas.

## 2.2. Obtención de Requisitos

### 2.2.1. Proceso de obtención de requisitos

La obtención de requisitos es la fase inicial de la ingeniería de requisitos. Necesitamos obtener:

- Necesidades y características del sistema.
- Informe del alcance del sistema o producto.
- Lista de participantes.
- Descripción del entorno técnico.
- Lista de los requisitos agrupados por su funcionalidad junto a las correspondientes restricciones que se aplicarán a cada uno.

Las tareas que se deben realizar son las siguientes:

1. Obtener información sobre el dominio del problema y el sistema actual.

- Conocer el vocabulario propio.
- Conocer las características principales del dominio.
- Recopilar información sobre el dominio (consultas con expertos, libros, etc.)
- Facilitar la comprensión de las necesidades del sistema.
- Favorecer la confianza del cliente.

Se ha de entregar la *introducción al sistema* y el *glosario de términos*.

2. Preparar las reuniones de elicitación y negociación.

- Identificar a los implicados, realizando una descripción general de todos y del perfil de cada uno de ellos.
- Conocer las necesidades de los clientes y usuarios.
- Resolver los posibles conflictos

3. Identificar y revisar los objetivos del sistema. Si el sistema es muy complejo, podemos organizarlos mediante una jerarquía. De cada objetivo podemos describir:

- Su **importancia** (vital, importante o "quedaría bien").
- Su **urgencia** (inmediatamente, hay presión o puede esperar).
- Su **estado** durante el desarrollo (en construcción, pendiente de solución, validado, etc.)
- Su **estabilidad** (alta, media o baja).

4. Identificar y revisar los requisitos de información. De cada requisito podemos describir:

- Objetivos y otros requisitos asociados.
- Descripción del requisito.
- Contenido.
- Tiempo de vida (medio y máximo).
- Ocurrencias simultáneas (medio y máximo).
- Importancia, urgencia, etc.

5. Identificar y revisar los requisitos funcionales. Determinan lo que debe hacer el sistema. De cada requisito podemos describir:

- Objetivos y requisitos asociados.
- Secuencia de acciones.
- Frecuencia.
- Rendimiento.
- Importancia, urgencia, etc.

6. Identificar y revisar los requisitos no funcionales. Son las restricciones aplicables a los requisitos funcionales y de información. De cada requisito podemos definir:

- Descripción.
- Objetivos y requisitos asociados.
- Importancia, urgencia, etc.

Tras estos pasos se genera la *lista estructurada de requisitos*.

### 2.2.2. Técnicas de obtención

- Por **métodos tradicionales**: entrevistas, cuestionarios, análisis de protocolos, etc.
- Por **otros métodos**: técnicas orientadas a puntos de vista, escenarios y casos de uso, etc.

La información la poseen los implicados (*stakeholders*). Un implicado puede ser todo aquel que se beneficia del sistema a construir directa o indirectamente o bien que posea información sobre su funcionamiento o desarrollo, como los responsables del mismo, el cliente, los responsables de la gestión, etc.

### 2.2.3. Técnicas de entrevista

Tienen el objetivo de obtener información sobre el sistema mediante el dialogo con los expertos en el dominio del problema. Las entrevistas pueden ser de varios tipos: estructuradas o no estructuradas y formales o informales.

Las fases de una entrevista son:

- **Preparación**. Se estudia el dominio del problema, selecciona a los entrevistados y se planifican las entrevistas.
- **Realización**. Consta de:
  - Apertura: presentación e informe sobre los objetivos de la entrevista.
  - Desarrollo.
  - Terminación: recapitulación de la información obtenida.
- **Análisis**. Consiste en reorganizar la información, constatarla con otras fuentes , documentar la entrevista y enviar una copia al entrevistado.

Las principales limitaciones de una entrevista son que lo que los usuarios dicen no es siempre lo que hacen, la timidez y la interpretación de las preguntas. Sin embargo, aporta beneficios como la localización de las áreas en las que profundizar, la involucración de los clientes en el desarrollo o que es una técnica muy conocida y aceptada.

### 2.2.4. Técnicas de análisis etnográfico

Consiste en observar el contexto del sistema que afecta a los requisitos, es decir, observar la forma en la que las personas trabajan y no como el sistema las hace trabajar.

Hay dos tipos de observaciones:

- **Directa**. El observador está inmerso en el sistema.

- **Indirecta.** Se utilizan entornos de observación.

Se utilizan fundamentalmente para dos tipos de requisitos:

- Los que derivan de la forma en la que trabajan realmente y no de cómo se han definido los procesos.
- Los que derivan de la cooperación y el conocimiento de las actividades de la gente.

No es un enfoque completo, sino que tiene que apoyarse en otras técnicas (entrevistas, prototipado, etc.)

## 2.3. Modelado de Casos de Uso

### 2.3.1. Introducción

El modelado de casos de uso es una técnica de la ingeniería de requisitos que permite:

- Delimitar el sistema a estudiar.
- Determinar el contexto de uso del sistema.
- Describir el punto de vista de los usuarios del sistema.

El modelo de casos de uso se utiliza en distintas etapas del desarrollo para:

- Obtener requisitos.
- Analizar y especificar requisitos.
- Como base para el proceso de diseño y su validación.
- Para guiar el diseño de la interfaz de usuario y facilitar la construcción de prototipos.
- Como punto de inicio de las ayudas en línea y el manual de usuario.

Elementos que componen el modelo de casos de uso:

- Actores.
- Casos de uso.
- Relaciones entre:
  - Actores.
  - Actores y casos de uso.
  - Casos de uso.

Para representar y describir estos elementos se utilizan los *diagramas de casos de uso de UML* y las *plantillas estructuradas para actores y casos de uso*.

### 2.3.2. Diagramas de Casos de Uso

Es un diagrama UML que representa gráficamente todos los elementos que forman parte del modelo de casos de uso junto con la frontera del sistema.

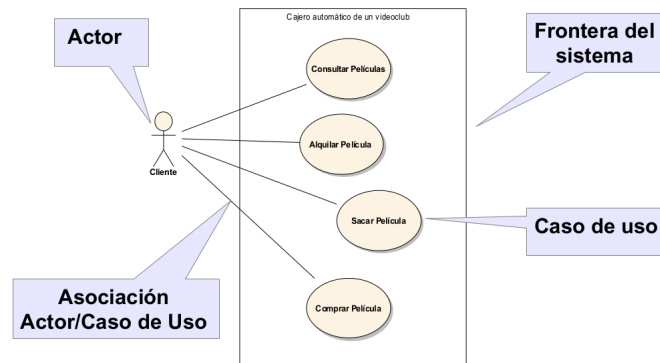


Figura 20: Diagrama de caso de uso

### 2.3.3. Actor

**Definición** Un actor es una abstracción de una *entidad externa* al sistema que interactúa directamente con él.

- Los actores especifican roles que adoptan las entidades externas cuando interactúan con el sistema.
- Una entidad puede desempeñar varios roles simultáneamente a lo largo del tiempo.
- Un rol puede ser desempeñado por varias entidades.

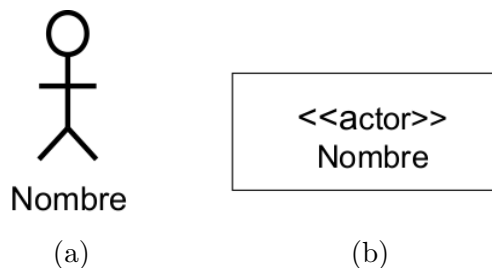


Figura 21: Representaciones de un actor en UML.

**Características** El nombre del rol debe ser breve y tener sentido desde la perspectiva de negocio. Es frecuente que coincidan con áreas de la empresa (vendedor, gestor de almacén) o distintos niveles de jerarquía (jefe, empleado, aprendiz).

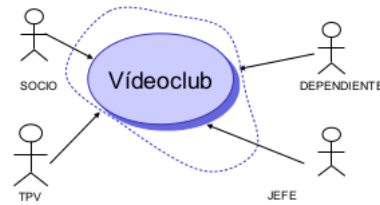


Figura 22: Distintos roles para los actores.

## Tipos de actores

- **Principales.** Además de interactuar con el caso de uso, son los que lo *activan*.
- **Secundarios.** Interactúan con el caso de uso, pero no lo activan.

Los actores pueden ser:

- **Personas** con el rol de usuario en el sistema.
- **Dispositivos de E/S** como sensores o medidores, siempre que sean independientes de la acción del usuario.
- **Sistemas informáticos externos** con los que se tiene que comunicar.
- **Temporizador** o reloj cuando se hace algo como respuesta a un evento de tiempo de tipo periódico o en un momento determinado, sin que haya un actor que lo active.

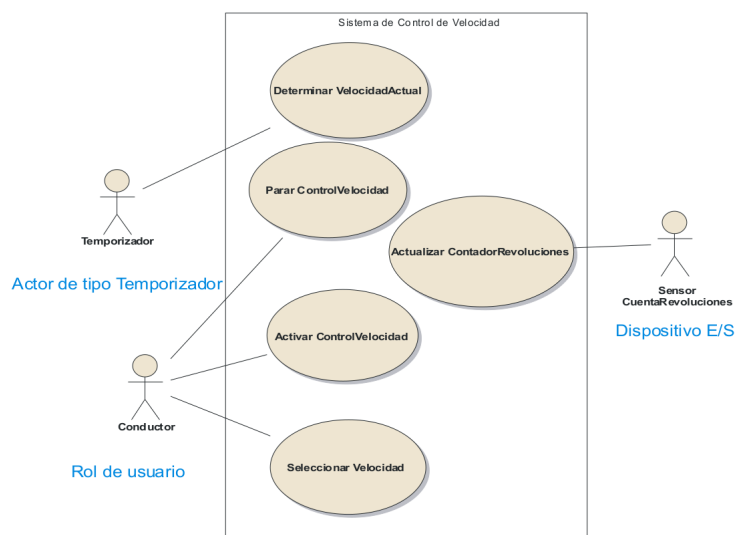


Figura 23: Ejemplos de actores.

**Identificación de actores** Debemos responder a las siguientes preguntas:

- ¿Quién y qué utiliza el sistema?
- ¿Qué roles desempeñan en la iteración?
- ¿Quién instala el sistema?

- ¿Quién o qué inicio y cierra el sistema?
- ¿Quién mantiene el sistema?
- ¿Qué otros sistemas interactúan con este sistema?
- ¿Quién o qué consigue y proporciona información al sistema?

## Relación entre actores

**Generalización.** Expresa un comportamiento común entre actores, es decir, se relacionan de la misma forma con los mismos casos de uso.

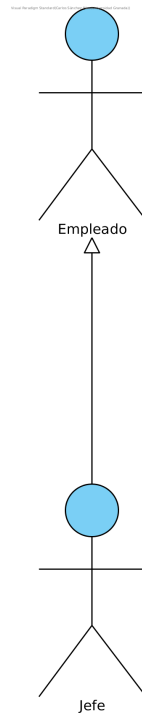


Figura 24: Relación entre actores.

Según esta relación:

- Un empleado modela los aspectos comunes de cualquier tipo de empleado.
- Un jefe hereda los roles y la relaciones de los casos de uso del empleado, además de tener los suyos propios.
- Un actor jefe puede ser usado siempre en lugar de un actor empleado, ya que hereda sus roles y relaciones.

### 2.3.4. Caso de Uso

**Definición** Un caso de uso especifica la *secuencia de acciones*, incluidas secuencias variantes y de error, que un sistema o subsistema puede realizar al interactuar con actores externos.

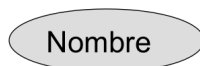


Figura 25: Representación de un caso de uso.

El *nombre* debe ser una frase verbal descriptiva y breve. Dependiendo de su importancia, los casos de uso pueden ser:

- **Primarios.** Procedimientos comunes más importantes (*procesos de negocio*).



- **Secundarios.** Procesos de error o poco comunes (*procesos internos, diseño*).
- **Opcionales.** Puede que no se implementen.

### Características

- Son *iniciados por un actor* que, junto con otros actores, intercambia datos o control con el sistema a través de él.
- Son descritos desde el *punto de vista de los actores* que interactúan con él.
- *Describen* el proceso de *alcance de un objetivo* de uno o varios actores.
- Tiene que tener una *utilidad real y concreta* para algún actor.
- *Acotan* una *funcionalidad* del sistema.
- *Describen* un fragmento de la *funcionalidad* del sistema de principio a fin → tienen que acabar y dar algún resultado.
- Se documentan con *texto informal*.

| Acción del actor |  | Acción del sistema |  |
|------------------|--|--------------------|--|
| 1                | <b>Alumno.</b> Indica que quiere elegir un proyecto determinado.                         |                    |  |
| 2                | <b>Responsable.</b> Pide al alumno la prioridad con la que se solicita el proyecto.      |                    |  |
|                  |  | 3                  | Comprueba los proyectos previamente solicitados por el alumno. |
|                  |  | 4                  | Almacena la elección de proyecto del alumno.                   |
|                  |  | 5                  | Informa de la elección realizada y del éxito de la solicitud.  |
| 6                | <b>Responsable.</b> Informa al alumno de que la solicitud se ha realizado correctamente. |                    |  |

Figura 26: Ejemplo de caso de uso (elegir proyecto).

Un **caso de uso** sirve para *satisfacer un objetivo* de un actor.

En el análisis de requisitos, un caso de uso se puede descomponer a nivel de *procesos de negocio elementales*.

Un **proceso de negocio elemental** es una tarea o acción realizada por un actor como respuesta a un evento de negocio. Añade un valor cuantificable para el negocio y deja los datos en un estado consistente.

**Identificación de casos de uso** Debemos responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué *objetivos* o *necesidades* tendrá un *actor* específico del sistema?
- El sistema *almacena* y *recupera* información? Si es así, ¿qué actores activan este comportamiento?.
- ¿Qué sucede cuando el sistema *cambia de estado* (por ejemplo, al iniciarlo o detenerlo)?  
¿Se le notifica a algún actor?
- ¿Afecta algún *evento externo* al sistema? ¿Cómo se notificarán esos eventos?
- ¿Interactúa el sistema con algún *sistema externo*?
- ¿Generará el sistema algún *informe*?

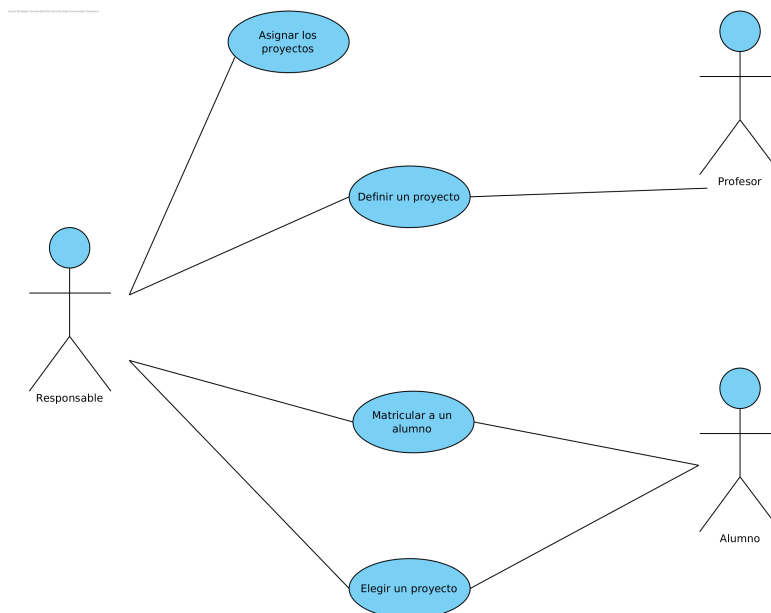


Figura 27: Ejemplo de un caso de uso (gestión de proyectos).

### 2.3.5. Descripción del actor

Para describir a un actor utilizaremos la siguiente plantilla:

|                        |  |              |  |                |           |
|------------------------|--|--------------|--|----------------|-----------|
| <b>Actor</b>           | <i>Nombre el actor.</i>  |              |  |                | <i>ID</i> |
| <b>Descripción</b>     | <i>Breve descripción del actor.</i>  |              |  |                |           |
| <b>Características</b> | <i>Características que describen al actor.</i>   |              |  |                |           |
| <b>Relaciones</b>      | <i>Relaciones que posee el actor con otros actores del sistema.</i>                            |              |  |                |           |
| <b>Referencias</b>     | <i>Elementos del desarrollo en los que interviene el actor (casos de uso, diagramas, etc.)</i> |              |  |                |           |
| <b>Autor</b>           |  | <b>Fecha</b> |  | <b>Versión</b> |           |

|   |                    |             |
|---|--------------------|-------------|
| <b>Atributos</b>                        |                    |             |
| <b>Nombre</b>                           | <b>Descripción</b> | <b>Tipo</b> |
| ...                                     | ...                | ...         |
| <i>Atributos principales del actor.</i> |                    |             |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Comentarios</b>                             |  |  |
| <i>Comentarios adicionales sobre el actor.</i> |  |  |

Figura 28: Plantilla para la descripción de un actor

|                        |   |              |   |                |             |
|------------------------|---|--------------|---|----------------|-------------|
| <b>Actor</b>           | Profesor  |              |   |                | <i>ACT1</i> |
| <b>Descripción</b>     | Profesor que tutoriza algún proyecto de la asignatura TFG |              |   |                |             |
| <b>Características</b> | Puede ser cualquier profesor perteneciente a la ETSIIT.   |              |   |                |             |
| <b>Relaciones</b>      | -   |              |   |                |             |
| <b>Referencias</b>     | CU1 (Definir proyecto)                                    |              |   |                |             |
| <b>Autor</b>           | LSI   | <b>Fecha</b> | - | <b>Versión</b> | -           |

|                    |  |                                 |
|--------------------|--|---------------------------------|
| <b>Atributos</b>   |  |                                 |
| <b>Nombre</b>      | <b>Descripción</b>                       | <b>Tipo</b>                     |
| Datos personales   | Nombre, DNI, correo, etc.                | Lista de cadenas de caracteres. |
| Departamento       | Nombre del departamento al que pertenece | Cadenas de caracteres.          |
| Lista de proyectos | Trabajos que oferta para realizar.       |                                 |

|                    |  |  |
|--------------------|--|--|
| <b>Comentarios</b> |  |  |
| -                  |  |  |

Figura 29: Ejemplo: descripción del actor profesor.

### 2.3.6. Descripción del Caso de Uso

**Contenido** La descripción de un caso de uso comprende:

- **Inicio.** Cuándo y qué actor lo produce.
- **Fin.** Cuándo se produce y qué se obtiene.
- **Interacción.** Para qué se usa o qué intenta el caso de uso.
- **Cronología** y origen de las interacciones.
- **Repeticiones de comportamiento.** Qué acciones se repiten.
- **Situaciones opcionales o de error.** Qué situaciones alternativas se presentan en el caso de uso.

#### Tipos de casos de uso

- Dependiendo del **procesamiento**:
  - **Básico.** Descripción general del procesamiento.
  - **Extendido.** Descripción de la secuencia de acción completa entre actores y sistema.



Figura 30: Diferencia entre caso de uso básico y extendido.

- Dependiendo de su **nivel de abstracción**:
  - **Esencial.** Expresado de forma abstracta, contiene poca tecnología y pocos detalles de diseño.
  - **Real.** Expresado en base al diseño actual. Aparecen relaciones con la *interfaz de usuario*.



Figura 31: Diferencia entre caso de uso real y esencial.

**Plantilla básica** La plantilla básica para casos de uso es la siguiente:

|               |  |       |   |              |    |
|---------------|--|-------|---|--------------|----|
| Caso de uso   | Nombre del caso de uso   |       |   |              | ID |
| Actores       | Actores que participan en el caso de uso, indicando si son principales o secundarios.                  |       |   |              |    |
| Tipo          | Tipo de caso de uso.   |       |   |              |    |
| Referencias   | Requisitos funcionales   |       |   | Casos de uso |    |
| Precondición  | Condiciones sobre el estado del sistema que deben cumplirse para que se pueda realizar el caso de uso. |       |   |              |    |
| Postcondición | Efectos que tiene la realización del caso de uso sobre el sistema.                                     |       |   |              |    |
| Autor         | -  | Fecha | - | Versión      | -  |

|   |
|---|
| <b>Propósito</b>  |
| <i>Descripción del objetivo que cubre el caso de uso (una línea).</i> |

|  |
|--|
| <b>Resumen</b>   |
| <i>Descripción a alto nivel de la secuencia de acciones realizadas en el caso de uso (un párrafo).</i> |

Figura 32: Plantilla básica para casos de uso

|               |   |       |   |         |      |
|---------------|---|-------|---|---------|------|
| Caso de uso   | Elegir proyecto   |       |   |         | CU05 |
| Actores       | Alumno (principal) y responsable (secundario)                                     |       |   |         |      |
| Tipo          | Primario y esencial.  |       |   |         |      |
| Referencias   | RF27 y RF31   |       |   | CU01    |      |
| Precondición  | El alumno debe estar matriculado en la asignatura <i>Proyectos informáticos</i> . |       |   |         |      |
| Postcondición | El alumno tendrá un proyecto más en su lista de proyectos elegidos.               |       |   |         |      |
| Autor         | LSI   | Fecha | - | Versión | -    |

|   |
|---|
| <b>Propósito</b>  |
| Permitir que el alumno pueda elegir un posible proyecto a realizar de entre los ofertados por los profesores. |

|   |
|---|
| <b>Resumen</b>  |
| El alumno informa que quiere seleccionar un proyecto, indica la prioridad con la que realiza la selección y se almacena su interés por el proyecto. |

Figura 33: Ejemplo: plantilla básica del caso de uso elegir proyecto

**Plantilla extendida** Para la descripción extendida recurrimos a *escenarios*.

Un **escenario** es una secuencia específica y concreta de acciones e interacciones entre los actores y el sistema objeto de estudio.

Los sistemas pueden ser:

- **Básicos.** Situaciones normales y comunes de actuación.
- **Secundarios.** Se corresponden con situaciones alternativas y de error.

Consiste en añadir lo siguiente a la plantilla básica:

| Curso normal |                                      |          |   |
|--------------|--------------------------------------|----------|---|
| Actor        |                                      | Sistema  |   |
| <b>1</b>     | <i>Acción realizada por un actor</i> | <b>2</b> | <i>Acción realizada por el sistema.</i> |
| ..           | ...                                  | ..       | ...                                     |
| <b>m</b>     | <i>Acción realizada por un actor</i> | ..       | ...                                     |
| -            | ...                                  | <b>n</b> | <i>Acción realizada por el sistema.</i> |

| Cursos alternos |  |         |                           |
|-----------------|--|---------|---------------------------|
| <b>n.a</b>      | <i>Alternativa a a la acción n del curso normal.</i> |         |                           |
| Actor           |  | Sistema |                           |
| 1               | <i>Acción del actor</i>                              | ..      | ...                       |
| ..              | ...  | 2       | <i>Acción del sistema</i> |
| ..              | ...  | ..      | ...                       |
| <b>n.b</b>      | <i>Alternativa b a la acción n del curso normal.</i> |         |                           |
| ..              | ...  | ..      | ...                       |

| Otros datos                |  |                    |  |
|----------------------------|--|--------------------|--|
| <b>Frecuencia esperada</b> | <i>Número de veces que se realiza el caso de uso por unidad de tiempo.</i> | <b>Rendimiento</b> | <i>Rendimiento esperado.</i>                   |
| <b>Importancia</b>         | <i>Vital, alta, moderada o baja.</i>                                       | <b>Urgencia</b>    | <i>Urgencia en su desarrollo.</i>              |
| <b>Estado</b>              | <i>Estado de desarrollo actual.</i>  | <b>Estabilidad</b> | <i>Estabilidad de los requisitos asociados</i> |

| Comentarios                      |
|----------------------------------|
| <i>Otros aspectos a aclarar.</i> |

Figura 34: Plantilla extendida para casos de uso.

| Curso normal |   |         |   |
|--------------|---|---------|---|
| Actor        |   | Sistema |   |
| 1            | El alumno solicita la lista de proyectos ofertados. | 2       | Proporciona la lista.   |
| 3            | El alumno elige un proyecto determinado.            | 4       | Solicita la prioridad con la que el alumno realiza la petición.   |
| 4            | El alumno proporciona la prioridad deseada.         | 6       | Almacena la elección realizada por el alumno e informa de que la operación ha sido realizada con éxito. |

| Cursos alternos |  |         |   |
|-----------------|--|---------|---|
| 6.a             | El alumno proporciona una prioridad ya usada para otro proyecto. |         |   |
| Actor           |  | Sistema |   |
| ..              | ...  | 1       | El sistema informa de la situación y finaliza el caso de uso. |
| 6.b             | El alumno ha elegido más de 10 proyectos.                        |         |   |
| ..              | ...  | 1       | El sistema informa de la situación y finaliza el caso de uso. |

| Otros datos         |                          |             |                      |
|---------------------|--------------------------|-------------|----------------------|
| Frecuencia esperada | 40 veces al año.         | Rendimiento | No más de 5 minutos. |
| Importancia         | Alta.                    | Urgencia    | Alta.                |
| Estado              | Iniciando su desarrollo. | Estabilidad | Alta.                |

| Comentarios  |
|--|
| El caso de uso se realizará por al menos 40 alumnos. |

Figura 35: Ejemplo: plantilla extendida del caso de uso elegir proyecto.

### 2.3.7. Relaciones de los Casos de Uso

Las *finalidades* de las relaciones son:

- **Organizar** los casos de uso.
- Mejorar la **comprensión**.
- **Reducir la redundancia** del texto.
- **Mejorar la gestión** de los documentos generados.

| Tipo de Relación      | Definición   | Notación               |
|-----------------------|--|------------------------|
| <b>Asociación</b>     | Relación entre un actor y el caso de uso en el que participa.  | _____                  |
| <b>Extensión</b>      | Relación entre casos de uso. Representa la inserción de fragmentos de comportamiento adicional sin que el caso de uso base conozca los casos de uso de extensión     | -----<<Extend>>----->  |
| <b>Generalización</b> | Relación entre un caso de uso general y otro específico, que hereda y añade características al caso de uso general.  | _____>                 |
| <b>Inclusión</b>      | Relación entre casos de uso. Representa la inserción de comportamiento adicional dentro del caso de uso base. Hace referencia explícita al caso de uso de inclusión. | -----<<Include>>-----> |

Figura 36: Tipos de relaciones entre casos de uso

**Relación de inclusión** Sus características son las siguientes:

- Es una **relación de dependencia** entre dos casos de uso que permite *incluir el comportamiento* de un caso de uso en el flujo de otro.
- El caso de uso que incluye se denomina *caso de uso base* y el incluido *caso de uso de inclusión*.
- El caso de uso base se realiza hasta que se alcanza el punto donde se encuentra la referencia al caso de uso de inclusión, donde la ejecución pasa al caso de uso de inclusión. Cuando éste termina, el control regresa al caso de uso base.
- El caso de uso de inclusión se utiliza *completamente* por el caso de uso base.
- El caso de uso base *no está completo* sin todos sus casos de uso de inclusión.
- El caso de uso de inclusión puede ser *compartido* por varios casos de uso base.
- El caso de uso de inclusión *no es opcional* y es necesario para que tenga sentido el caso de uso base.



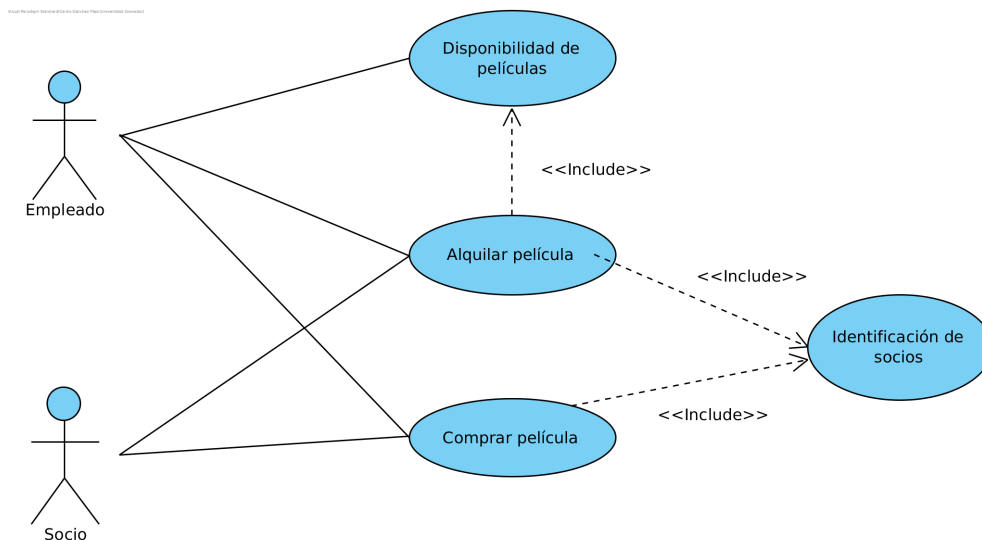


Figura 37: Ejemplo de inclusión en un diagrama.

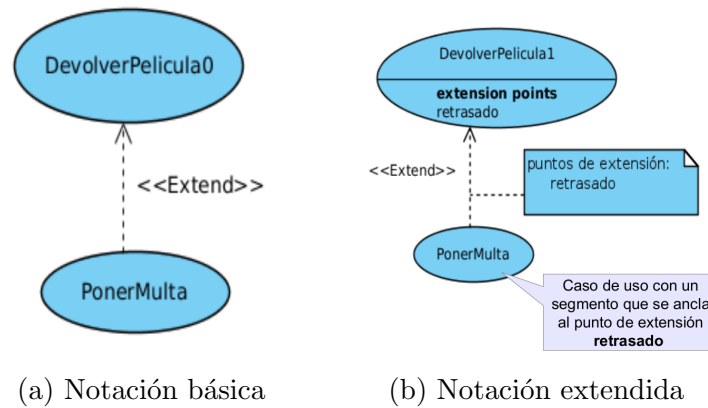
| Curso normal |  |         |  |
|--------------|--|---------|--|
| Actor        |  | Sistema |  |
| 1            | El socio solicita el alquiler de una película.                   |         |  |
| 2            | El socio proporciona sus datos de socio.                         |         |  |
| 3            | El empleado identifica al socio.                                 | 4       | <b>incluir(CU12. Identificación de socio)</b>      |
| 5            | El socio proporciona el título de la película a alquilar.        |         |  |
| 5            | El empleado identifica la película y pide registro del alquiler. | 7       | <b>incluir(CU17. Disponibilidad de películas).</b> |
|              |  | 8       | Guarda los datos del alquiler.                     |
|              |  | 8       | Informa de la cantidad a pagar.                    |
| 10           | El empleado informa al socio de la cantidad a pagar.             |         |  |
| 11           | Realiza el pago del alquiler.                                    | 12      | Genera el resguardo de alquiler.                   |
| 10           | El empleado entrega el resguardo al socio.                       |         |  |

Figura 38: Ejemplo de inclusión en la descripción de un caso de uso (alquilar película)

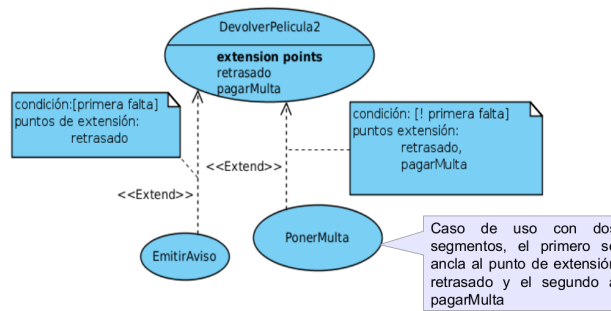
**Relación de extensión** Sus características son:

- Es una *relación de dependencia* que especifica que el comportamiento del caso de uso base puede ser extendido por otro caso de uso (caso de uso de extensión) bajo determinadas condiciones.
- El caso de uso base declara uno o más *puntos de extensión* que son *anclajes*.<sup>en</sup> los que se pueden añadir nuevos comportamientos.
- El caso de uso de extensión define *segmentos de inserción*, que pueden ser insertados en los puntos de enganche cuando se cumpla una determinada condición.

- El *caso de uso base* no sabe nada de los casos de uso de extensión y *está completo sin ellos*. De hecho, los puntos de extensión no están numerados en el flujo de eventos del caso de uso base.
- El caso de uso de extensión no tiene sentido sin el caso de uso base.



Notación Extendida con condiciones



(c) Notación extendida con condiciones

Figura 39: Distintas notaciones de la relación de extensión.

| Curso normal |   |         |   |
|--------------|---|---------|---|
| Actor        |   | Sistema |   |
| 1            | El socio solicita devolver de una película.               |         |   |
| 2            | El socio proporciona sus datos de socio.                  |         |   |
| 3            | El empleado identifica al socio.                          | 4       | incluir(CU12. Identificación de socio)              |
| 5            | El socio proporciona el título de la película a devolver. |         |   |
|              | <b>Punto de extensión: retrasado</b>                      |         |   |
| 6            | El empleado incluye la película devuelta.                 | 7       | Almacena la devolución.                             |
|              | <b>Punto de extensión: pagarMulta.</b>                    |         |   |
|              |   | 8       | El empleado proporciona justificante de devolución. |

Figura 40: Ejemplo de extensión en la descripción de un caso de uso (devolver película)

|                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| <b>Caso de uso de extensión</b> | Emitir aviso               |
| <b>Segmento</b>                 | 1                          |
| <b>Precondición</b>             | Devolución fuera de plazo. |

| Curso normal de eventos |  |         |                    |
|-------------------------|--|---------|--------------------|
| Actor                   |  | Sistema |                    |
| 1                       | El empleado incorpora los detalles del aviso.                  | 2       | Almacena el aviso. |
| 3                       | El empleado le indica al socio que tiene un aviso por retraso. |         |                    |

Figura 41: Ejemplo de descripción de un caso de uso de extensión (emitir aviso)

Para usar correctamente estas relaciones debemos:

- Usar relaciones de *extensión* para comportamientos excepcionales, opcionales o que rara vez suceden.
- Usar relaciones de *inclusión* para comportamientos que se comparten entre dos o más casos de uso, o bien para separar un caso de uso en subunidades.

### Relación de generalización

- Es una relación entre un caso de uso general (*padre*) y otros más especializados (*hijos*).
- Los casos de uso hijos:
  - Heredan todas las características del caso de uso general.
  - Pueden añadir nuevas características.
  - Pueden anular o reescribir características del caso de uso general, salvo relaciones, puntos de extensión y precondiciones.

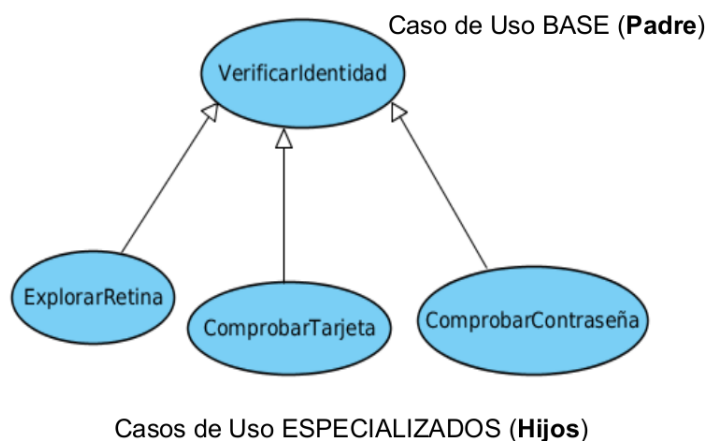


Figura 42: Notación UML de la relación de generalización.

En cuanto a la descripción de los casos de uso hijos no hay diferencia con respecto a cualquier otro caso de uso.

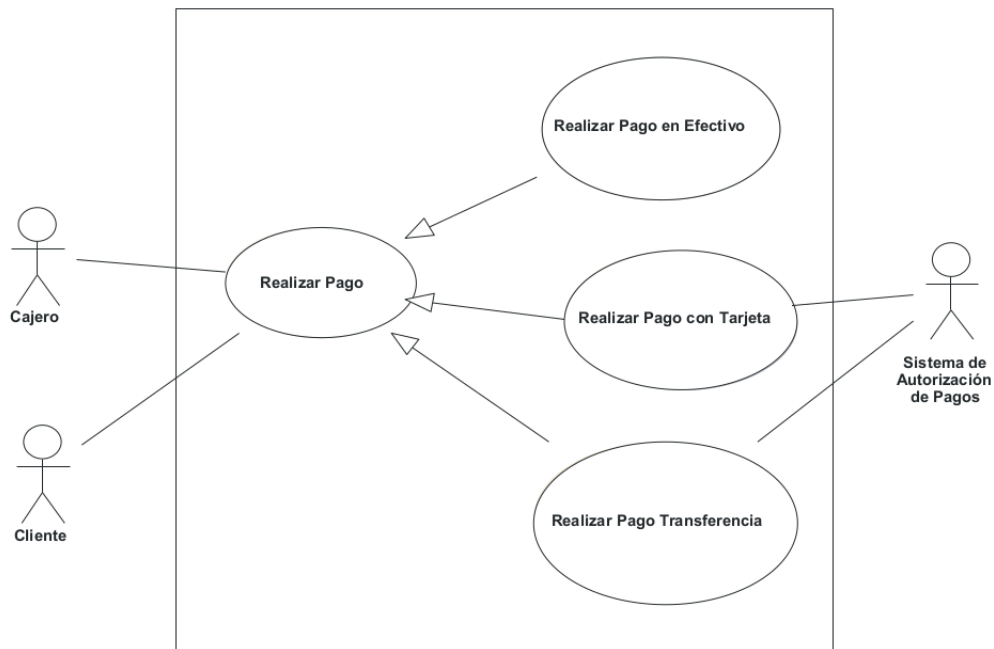


Figura 43: Ejemplo de generalización.

### Recomendaciones de uso de las relaciones entre casos de uso

- Usar las relaciones entre casos de uso cuando *simplifiquen el modelo*.
- Un sencillo modelo de casos de uso es preferible a uno con demasiadas relaciones, ya que son más fáciles de entender.
- El uso de muchas relaciones de inclusión hace que tengamos que ver más de un caso de uso para tener una idea completa.
- Las relaciones de extensión son complejas y difíciles de entender por la comunidad de usuarios y clientes.
- La *generalización* de casos de uso debería evitarse.

#### 2.3.8. Proceso de construcción del modelo de Casos de Uso

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Identificar actores (*principales* y secundarios).
2. Identificar los principales casos de uso de cada actor, identificando sus objetivos y necesidades, para lo que nos preguntamos:
  - a) ¿Cuáles son las *tareas principales* que realiza cada actor?
  - b) ¿Qué *información del sistema* debe adquirir, producir o cambiar?
  - c) ¿El actor tiene que informar sobre cambios producidos en el *exterior del sistema*?
  - d) ¿Qué información desea *adquirir* el actor del sistema?
  - e) ¿Desea el actor ser informado de *cambios producidos* en el sistema?

3. Identificar nuevos casos de uso a partir de los existentes, para lo que se deben analizar las siguientes situaciones:
  - a) Variaciones significativas de los casos de uso existentes.
  - b) Acciones opuestas  $\rightarrow$  casos de uso opuestos a los existentes.
  - c) Acciones que deben realizarse antes o después de un caso de uso existente.
4. Elaborar los diagramas de casos de uso y de paquetes en los que se muestren las relaciones lógicas entre diagramas de casos de uso.
5. Confeccionar la descripción básica de cada caso de uso.
6. Definir prioridades y seleccionar casos de uso primarios, teniendo en cuenta:
  - Requisitos imprescindibles.
  - Requisitos importantes.
  - Requisitos deseables.
7. Realizar la descripción extendida de cada caso de uso.
8. Elaborar los diagramas de actividad.
9. Desarrollar prototipos de la interfaz de usuario.

### 2.3.9. Otros aspectos del modelo de Casos de Uso

**Diagrama de paquetes** Es un diagrama UML usado para describir la estructura de un sistema mediante agrupaciones lógicas. También muestra las dependencias entre estas agrupaciones. El diagrama de paquetes se utiliza en el modelado de casos de uso para agrupar de forma lógica los distintos diagramas de casos de uso.

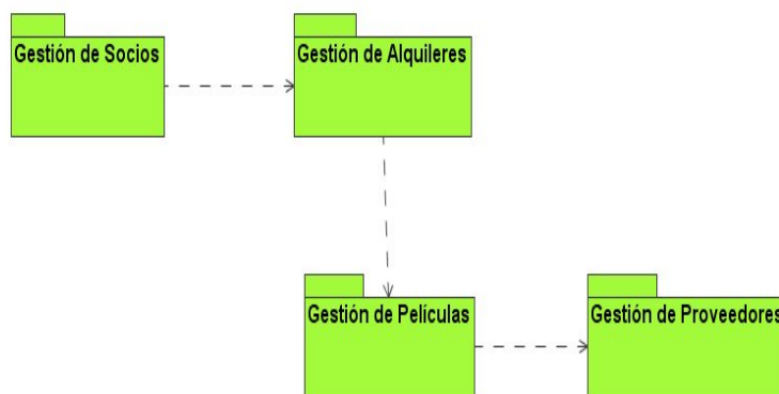


Figura 44: Diagrama de paquetes.

**Diagrama de actividad** Es un diagrama UML que describe el comportamiento que tienen una serie de tareas o procesos. Representan:

- Los flujos de actividades de los procesos de negocio de una empresa.
- Los flujos de acciones de uno o varios casos de uso de forma gráfica.

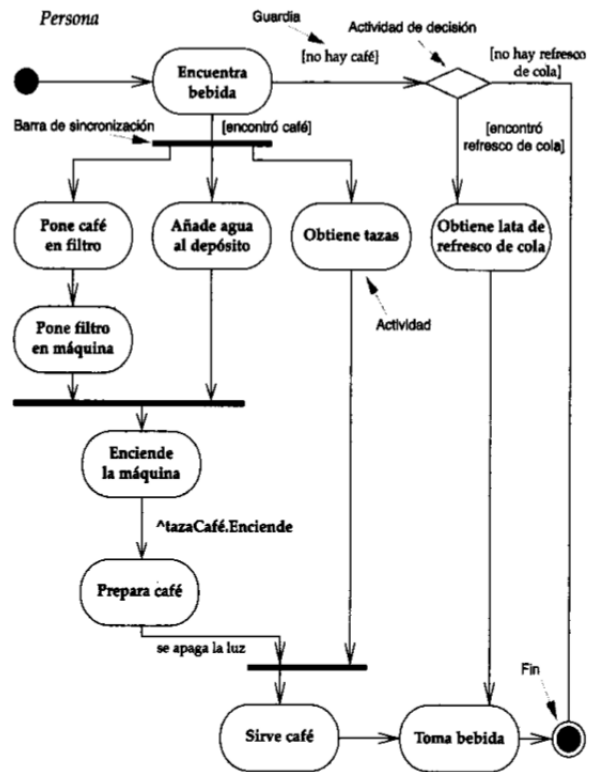


Figura 45: Diagrama de actividad.

## 2.4. Análisis y especificación de requisitos

### 2.4.1. Introducción

El proceso de análisis se ha usado tradicionalmente como un sinónimo de *Ingeniería de Requisitos*. Sin embargo, en realidad se trata de una de sus fases, en la que hay que:

- Descubrir los conflictos existentes entre los requisitos.
- Profundizar en el conocimiento del sistema (realizando modelos que sirvan de base para el diseño e implementación y sean más fáciles de entender por desarrolladores).
- Aumentar la formalización del conocimiento existente sobre el sistema para facilitar el mantenimiento.

El objetivo principal del análisis es refinar, estructurar y describir los requisitos para conseguir una comprensión más precisa y fácil de mantener que nos ayude a estructurar el sistema completo mediante modelos de análisis. Es importante rastrear los requisitos de usuario a través de los requisitos del software.

#### Ejemplo de estudio de soluciones.

**Problema.** Llevar un control de los productos que se tienen en un almacén y realizar pedidos cuando sea necesario.

Posibles soluciones:

1. Incluir una función en el sistema para obtener un listado de las existencias del almacén de cada producto. El almacenista pedirá los productos de los que haya pocas existencias.
2. Incluir información sobre los mínimos necesarios para cada producto y una función para obtener un listado de los productos bajo mínimo.
3. Incluir información sobre los proveedores de los productos y permitir que el sistema evalúe los mínimos cada cierto tiempo, generando listados con los pedidos.
4. Generar los pedidos por FAX de forma automática en base a la información de los proveedores y a los mínimos del almacén.

| Modelo CU.  | Modelo de análisis.  |
|---|--|
| Lenguaje del cliente.   | Lenguaje del desarrollador.  |
| Vista externa del sistema estructurado en CU.                   | Vista interna del sistema estructurado en clases y subsistemas.                      |
| Contrato cliente/desarrolladores.                               | Con vistas a la solución.  |
| Puede contener redundancias e inconsistencias entre requisitos. | No debe contenerlas.   |
| Captura la funcionalidad del sistema                            | Esboza cómo llevar a cabo la funcionalidad (primera aproximación a la arquitectura). |
| Se definen CU que serán analizados en mayor profundidad         | Define relaciones entre casos de uso.  |

Figura 46: Diferencias entre modelos.

### 2.4.2. Análisis orientado a objetos (AOO)

El análisis orientado a objetos examina y representa los requisitos desde la perspectiva de los objetos que nos encontramos en el dominio del problema.

Hay una gran variedad de métodos AOO, aunque todos se centran en la obtención de modelos estáticos (de estructura) y dinámicos (de comportamiento).

El lenguaje más utilizado para representar estos modelos es UML.

El análisis orientado a objetos se usa por los siguientes motivos:

- Los términos usados en los modelos están cercanos a los del mundo real, por lo que facilita y mejora la obtención de requisitos y acerca el espacio del problema al de la solución.
- Se modelan tanto elementos y propiedades estáticas como dinámicas.
- Manejamos conceptos comunes durante el análisis, diseño e implementación del software.

### 2.4.3. Modelos del AOO

#### 2.4.4. Modelo estático. Diagrama conceptual

- También se le conoce como diagrama de conceptos, diagrama de análisis, diagrama conceptual, modelo conceptual, modelo del dominio, etc.
- En él se representan los principales conceptos del dominio del problema, sus propiedades y las relaciones entre ellos.
- El modelo de casos de uso es la base para obtener la información necesaria para el modelo estático.
- Se representa mediante diagramas de UML.
  - Clases = conceptos del dominio del problema.
  - Asociaciones entre conceptos.
  - Generalizaciones de conceptos.
  - Atributos de los conceptos.

Los pasos que hay que seguir para su obtención son los siguientes:

1. Identificar e incorporar **conceptos**.
2. Identificar e incorporar **asociaciones** entre conceptos.
3. Identificar e incorporar **generalizaciones** de conceptos.
4. Identificar e incorporar **atributos** de conceptos.
5. Estructurar y empaquetar el modelo.



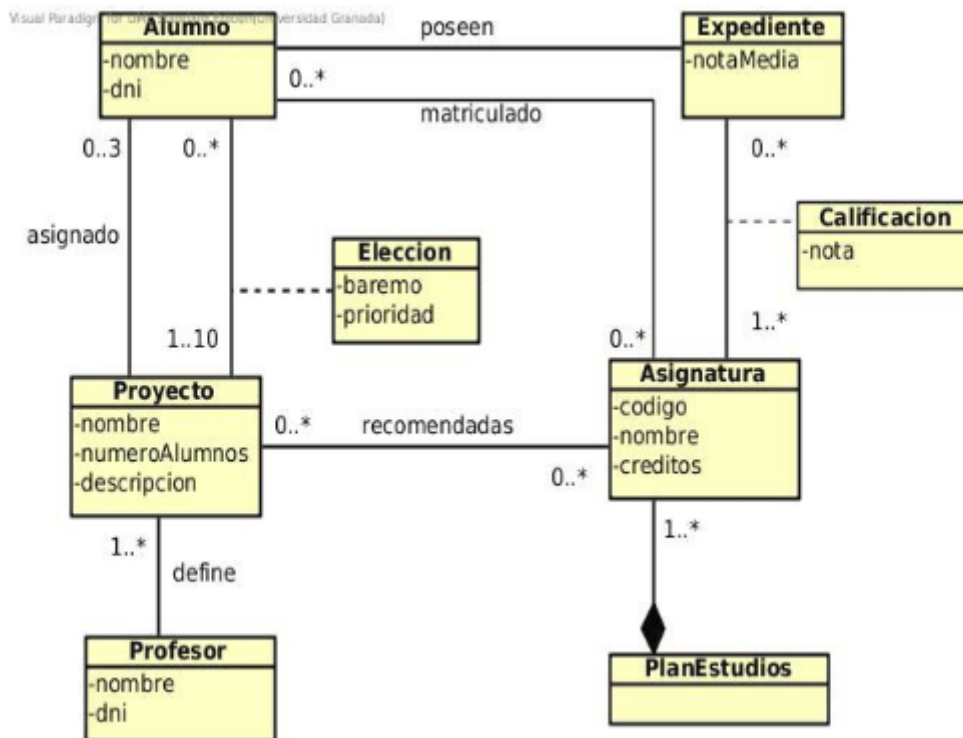


Figura 47: Ejemplo de modelo estático.

#### 2.4.5. Modelo de comportamiento

Es un estudio adicional del dominio del problema en el que añadimos los requisitos funcionales al modelo del análisis.

##### Diagramas de secuencia del sistema (DSS).

Es un diagrama de secuencia UML en el que se muestran como los eventos generados por los actores van a provocar la ejecución de una operación por el Sistema, siendo visto como una caja negra.

Para elaborarlos debemos seguir los siguientes pasos:

1. Identificar los **actores** que inician dichas operaciones.
2. Asignar un nombre a todo el sistema.
3. Identificar y nombrar las operaciones principales del sistema de las descripciones de los casos de uso.
4. Ver cuáles serían los parámetros de las operaciones.
5. Representarlas en el diagrama de secuencia del sistema (DSS).
6. Incluir las operaciones en la clase que identifica a todo el sistema del diagrama conceptual.

Podemos tener un DSS para cada CU, un solo DSS con todas las operaciones del sistema o bien un DSS por cada diagrama de CU.

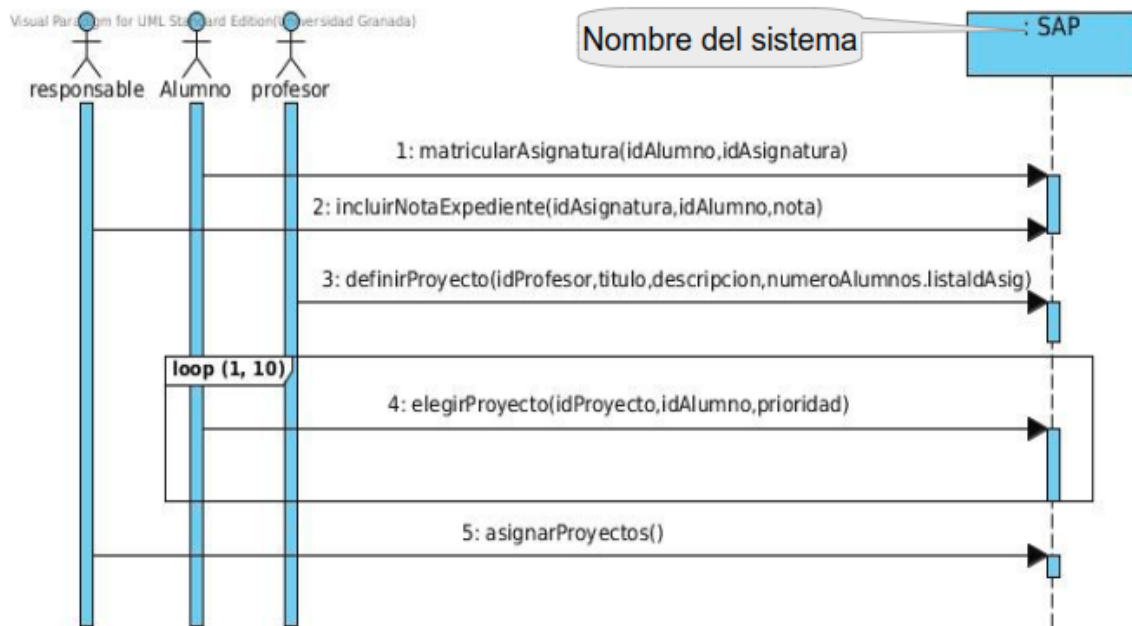


Figura 48: Ejemplo de diagrama de secuencia.

### Contratos.

Un contrato es un documento que describe lo que una operación se propone lograr sin decir como se conseguirá. Es decir, define la especificación de una operación sin entrar en su implementación.

La plantilla de un contrato es la siguiente:

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Nombre</b>          | Nombre de la operación y sus parámetros.  |
| <b>Responsabilidad</b> | Descripción informal de las responsabilidades que debe cumplir la operación.  |
| <b>Tipo</b>            | Concepto, clase o interfaz responsable de la operación.   |
| <b>Notas</b>           | Notas de diseño, algoritmo, etc.  |
| <b>Excepciones</b>     | Casos excepcionales.  |
| <b>Salida</b>          | Mensajes o datos que proporciona.   |
| <b>Precondiciones</b>  | Suposición acerca del estado del sistema antes de ejecutar la operación.  |
| <b>Poscondiciones</b>  | Estado del sistema al terminar la operación. Creación y destrucción de objetos/enlaces, modificación de atributos, etc. |

Figura 49: Plantilla de contrato.

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Nombre</b>          | <b>definirProyecto</b> (idProfesor,titulo, descripcion,numeroAlumnas,listIdAsig)  |
| <b>Responsabilidad</b> | Crea un nuevo proyecto inicializando su estado y asignándole el profesor que lo define y las asignaturas recomendadas.  |
| <b>Tipo</b>            | SAP   |
| <b>Notas</b>           |   |
| <b>Excepciones</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Si el profesor identificado por idProfesor no existe.</li> <li>■ Si algunas de las asignaturas identificadas por alguno de los elementos de listaIdAsig no existe.</li> </ul>  |
| <b>Salida</b>          |   |
| <b>Precondiciones</b>  |   |
| <b>Poscondiciones</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fue creado un objeto, <i>pro</i>, de la clase Proyecto debidamente inicializado.</li> <li>■ Fue creado un enlace entre <i>pro</i> y el objeto Profesor, identificado por idProfesor.</li> <li>■ Para todos los elementos de listaIdAsig:</li> <li>■ Fue creado un enlace entre <i>pro</i> y el objeto de la clase Asignatura identificado por el correspondiente elemento de listaIdAsig.</li> </ul> |

Figura 50: Ejemplo de contrato.

## 3. Tema 3. Diseño e implementación

### 3.1. Introducción al diseño

#### 3.1.1. Definición y características

EL **diseño** es el proceso de aplicar distintos métodos, herramientas y principios con el propósito de definir un dispositivo, proceso o sistema con los suficientes detalles como para permitir su realización física.

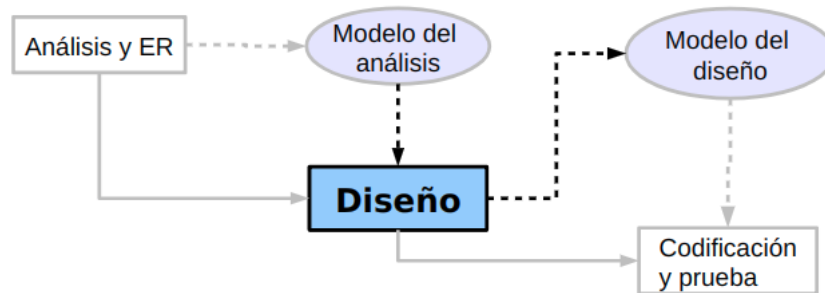


Figura 51: Diseño.

El **diseño del software** es el proceso de aplicar métodos, herramientas y principios de diseño para traducir el modelo de análisis a una representación del software que pueda ser codificada (modelo del diseño).

- El diseño implica una **propuesta de solución** al problema especificado durante el análisis.
- Es una **actividad creativa** apoyada en la experiencia del diseñador.
- Está apoyado por principios, técnicas, herramientas, etc.
- Es una tarea **clave** para la calidad del producto software.
- Es la **base** para el resto de las etapas del desarrollo.
- Debe ser un proceso de **refinamiento**.
- El diseño garantiza que un programa funcione correctamente (*hacer que un programa funcione  $\neq$  hacer que funcione correctamente*).

#### 3.1.2. Principios de diseño

El diseño se basa en cuatro principios fundamentales: **modularidad**, **abstracción**, **ocultamiento de información** e **independencia modular**.

##### Modularidad

Consiste en aplicar la estrategia *divide y vencerás*. Un sistema software está formado por piezas (módulos) que encajan perfectamente e interactúan entre sí para llevar a cabo algún objetivo común.

Un **módulo software** es una unidad básica de descomposición de un sistema software y representa una entidad o funcionamiento específico. Pueden ser funciones, clases, paquetes, etc.

Las ventajas de la modularidad son:

- Los módulos son más fáciles de documentar que todo el sistema.
- Facilitan los cambios.
- Reducen la complejidad.
- Son más fáciles de implementar.
- Posibilitan el desarrollo en paralelo.
- Permiten la prueba independiente.
- Facilitan el encapsulamiento.

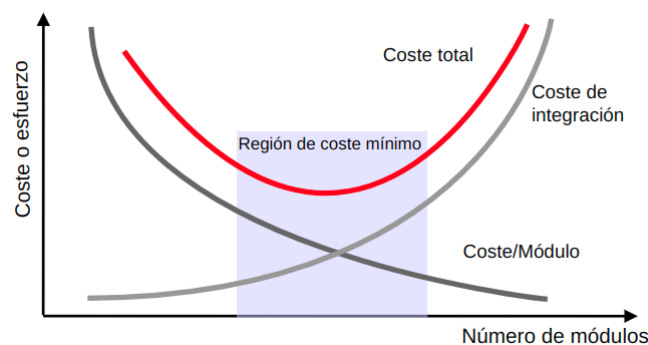


Figura 52: Gráfico adecuado de modularidad.

## Abstracción

Es un mecanismo que permite determinar lo que es relevante y lo que no en un nivel de detalle determinado, ayudando a obtener la modularidad necesaria para ese nivel de detalle.

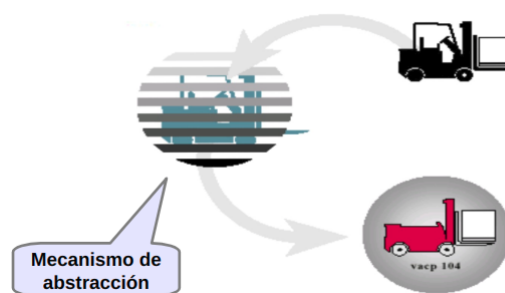


Figura 53: Abstracción.

Existen tres mecanismos fundamentales de abstracción en el diseño: **procedimental**, **de datos** y **de control**.

El proceso de ir incorporando detalles al diseño conforme vayamos bajando el nivel de abstracción se denomina **refinamiento**.

- **Abstracción procedimental.** Consiste en abstraerse sobre el funcionamiento para conseguir una estructura modular basada en procedimientos (métodos).

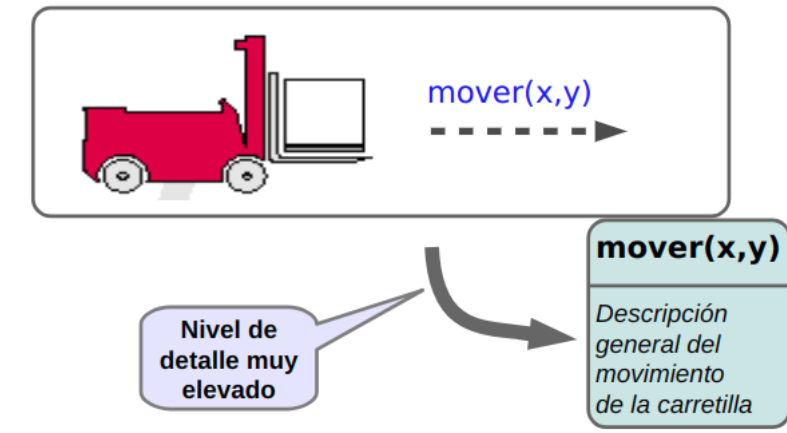


Figura 54: Abstracción procedimental.

- **Abstracción de datos.** Se abstrae tanto el funcionamiento como los atributos que definen el estado de una entidad, obteniendo una estructura modular basada en el estado y el funcionamiento de un objeto o entidad (se añaden variables).

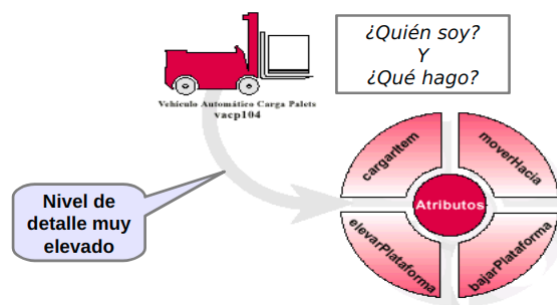


Figura 55: Abstracción de datos.

- **Abstracción de control.** Permite abstraer sobre el flujo de control de cualquier proceso (definición de los métodos).

## Ocultamiento de información

Un módulo debe especificarse y diseñarse de forma que la información (procedimientos y datos) que está dentro del módulo sea inaccesible para otros módulos que no la necesiten.

Las ventajas del ocultamiento de información son:

- Reduce la posibilidad de efectos colaterales.
- Limita el impacto global de las decisiones de diseño locales.
- Enfatiza la comunicación a través de interfaces controladas.
- Disminuye el uso de datos globales.

- Potencia la modularidad.
- Produce software de alta calidad.

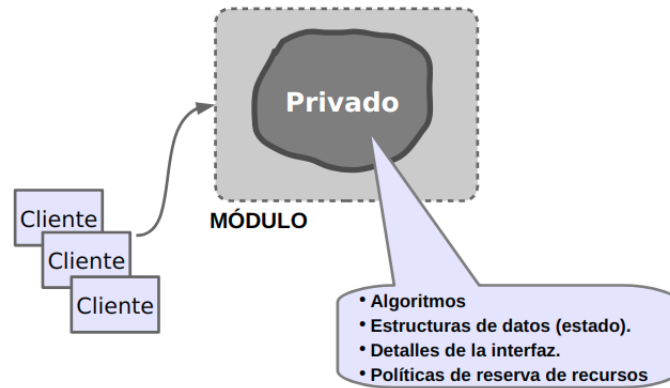


Figura 56: Ocultamiento de información.

### Independencia modular

La independencia modular se mide en dos parámetros: **cohesión** y **acoplamiento**:

- **Cohesión.** Grado que tiene un módulo en la realización de *un solo objetivo*. Un módulo debe presentar un alto nivel de cohesión, ya que hace que sea más fácil de entender, reutilizar y mantener.
- **Acoplamiento.** Mide la interdependencia entre módulos dentro de una estructura de software. Un módulo debe presentar un nivel de acoplamiento lo más bajo posible con respecto a los demás módulos.

#### 3.1.3. Herramientas de diseño

Las **herramientas de diseño** son los instrumentos que ayudan a representar los modelos de diseño del software. Algunas de las más usadas son:

- Diagramas UML (de clase, de interacción, de paquetes, etc.).
- Cartas de estructura.
- Tablas de decisión.
- Diagramas de flujo de control.
- Lenguajes de diseño de programas (LDP).

### 3.1.4. Métodos de diseño

Un **método de diseño** permite obtener diseños de forma sistemática, proporcionando las herramientas, técnicas y pasos a seguir para llevar a cabo del diseño. Todo método de diseño debe poseer:

- **Principios** en los que se basa.
- **Mecanismos de traducción** del modelo de análisis al modelo de diseño.
- **Herramientas** que nos permitan refinar el diseño.
- Criterios para **evaluar** la calidad del diseño.

### 3.1.5. Modelo de diseño

A nivel general un modelo de diseño está formado por varios **subsistemas** de diseño junto con las interfaces que requieren o proporcionan estos subsistemas. A su vez, cada subsistema puede contener distintos tipos de elementos de modelado de diseño, principalmente *realización de casos de uso-diseño* y *clases de diseño*.

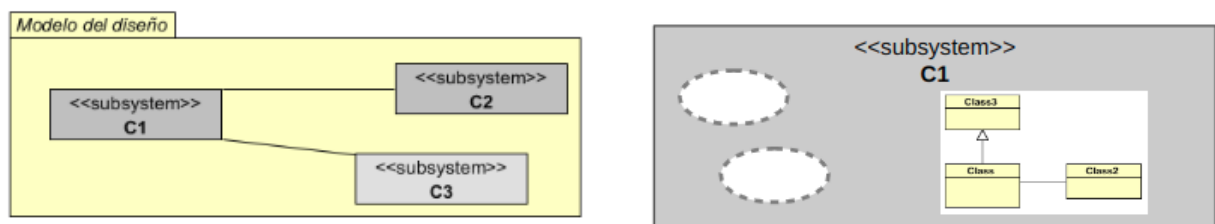


Figura 57: Modelo de diseño.

El modelo de diseño puede considerarse un refinamiento del modelo de análisis en el que todos los artefactos de éste están mejor definidos e incorporan detalles técnicos que permiten su implementación.

| Estrategia  | Consecuencias   |
|---|---|
| Modificar el modelo de análisis.  | Se tiene solo un modelo pero se pierde la vista del análisis.                 |
| Modificar el modelo de análisis y usar una herramienta que recupere el original | Se tiene un solo modelo, pero la vista recuperada puede no ser satisfactoria. |
| Congelar el modelo de análisis y hacer una copia para continuar con el diseño.  | Se tienen dos modelos que no van al mismo ritmo.                              |
| Mantener ambos modelos.   | Se tienen dos modelos al mismo tiempo, pero hay sobrecarga de mantenimiento.  |

Figura 58: Paso de modelo de análisis a modelo de diseño.



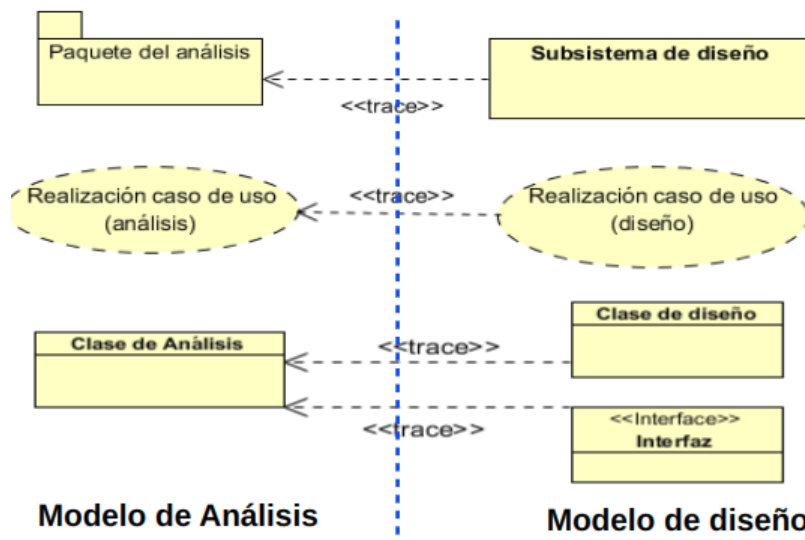


Figura 59: Correspondencia entre modelo de análisis y de diseño.

### 3.1.6. Tareas del diseño

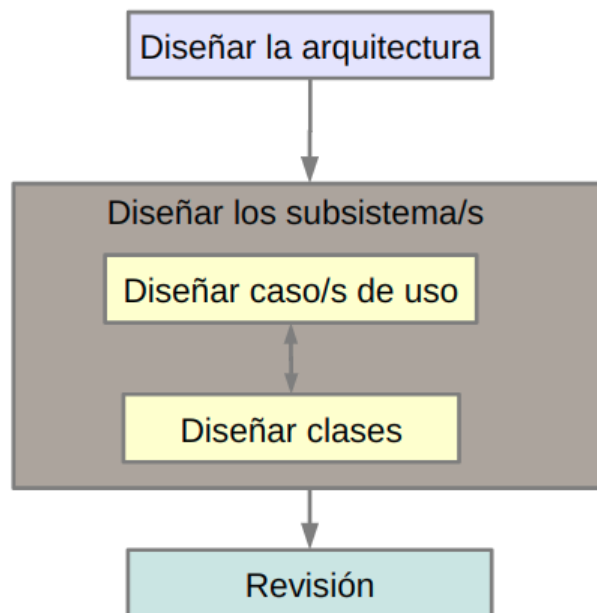


Figura 60: Tareas del diseño.

## 3.2. Diseño de los casos de uso

## 3.3. Diseño de la estructura de objetos

## 3.4. Diseño de la arquitectura