

# Índice

---

<b>I</b>	<b>Fundamentos de la Ingeniería del Software</b>	<b>xix</b>
<b>1</b>	<b>Introducción a la Ingeniería del Software</b>	<b>5</b>
1.1	¿Arte o ingeniería? . . . . .	5
1.2	Objetivos . . . . .	7
1.3	Introducción . . . . .	7
1.4	¿Qué es la ingeniería? . . . . .	8
1.5	Ingeniería y ciencias de la ingeniería . . . . .	10
1.6	El software como artefacto tecnológico . . . . .	12
1.6.1	¿Qué es el software? . . . . .	13
1.6.2	La complejidad inherente al software . . . . .	13
1.7	Sistematicidad, disciplina y cuantificación . . . . .	14
1.8	La Ingeniería del Software como disciplina profesional . . . . .	16
1.8.1	Breve historia de la Ingeniería del Software . . . . .	16
1.8.2	Elementos de la Ingeniería del Software como disciplina profesional . . . . .	17
1.9	Conceptos básicos de la Ingeniería del Software . . . . .	19
1.9.1	Actividades y artefactos . . . . .	19
1.9.2	Métodos, especificaciones y modelos . . . . .	20
1.9.3	Procesos y ciclos de vida . . . . .	21

<b>2</b>	<b>Modelos y procesos</b>	<b>31</b>
2.1	El proceso del proceso . . . . .	31
2.2	Objetivos . . . . .	32
2.3	Introducción . . . . .	33
2.3.1	Una definición de proceso . . . . .	34
2.3.2	Modelos del ciclo de vida, marcos de procesos y procesos . . . . .	35
2.3.3	Características de las definiciones de procesos de software . . . . .	37
2.3.4	Lenguajes para la especificación de procesos . . . . .	38
2.4	Modelos de ciclo de vida del software . . . . .	39
2.4.1	Modelo en cascada . . . . .	40
2.4.2	Modelo en «V» . . . . .	41
2.4.3	Modelos de proceso basados en prototipos . . . . .	42
2.4.4	Modelo en espiral . . . . .	44
2.5	Procesos de software . . . . .	46
2.5.1	¿Qué se define en un proceso de software? . . . . .	46
2.5.2	El modelo de referencia ISO 12207 . . . . .	48
2.5.3	Iteraciones e incrementos . . . . .	52
2.6	Algunos tipos de procesos importantes . . . . .	55
2.6.1	Procesos estructurados y procesos orientados a objetos . . . . .	56
2.6.2	Procesos ágiles . . . . .	56
2.6.3	Procesos basados en componentes . . . . .	58
2.6.4	Especificaciones de proceso abiertas . . . . .	60
2.7	Resumen . . . . .	62
2.8	Notas bibliográficas . . . . .	63
2.9	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	63
2.10	Actividades propuestas . . . . .	65
<b>3</b>	<b>Medición</b>	<b>67</b>
3.1	La necesidad de medir . . . . .	67
3.2	Objetivos . . . . .	68
3.3	Introducción . . . . .	68
3.3.1	Conceptos básicos . . . . .	69
3.3.2	Tipos de escalas de medición . . . . .	70
3.3.3	Clasificación de las medidas . . . . .	71
3.3.4	Evaluación de las métricas . . . . .	72
3.3.5	¿Qué medir en la Ingeniería del Software? . . . . .	73
3.4	Medidas del producto: atributos internos . . . . .	75
3.4.1	Medidas del tamaño de los sistemas . . . . .	75
3.4.2	Medidas de la complejidad del software . . . . .	76
3.4.3	Medidas de la documentación . . . . .	80
3.4.4	Medidas de reutilización . . . . .	81

3.4.5	Medidas de la eficiencia . . . . .	81
3.5	Medidas del producto: atributos externos . . . . .	82
3.6	Medidas del proceso y los recursos . . . . .	84
3.6.1	Medidas relacionadas con el proceso . . . . .	84
3.6.2	Medidas relacionadas con los recursos . . . . .	84
3.7	Metodologías y estándares para la medición . . . . .	87
3.7.1	Método Objetivo-Pregunta-Métrica (GQM) . . . . .	87
3.7.2	El estándar IEEE 1061-1998 . . . . .	90
3.7.3	PSM y el estándar ISO/IEC 15939 . . . . .	91
3.7.4	Otras metodologías y estándares para la medición . . . . .	92
3.8	Estudios empíricos . . . . .	93
3.8.1	Encuestas . . . . .	95
3.8.2	Casos de estudio . . . . .	96
3.8.3	Experimentación formal . . . . .	97
3.9	Resumen . . . . .	99
3.10	Notas bibliográficas . . . . .	100
3.11	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	101
3.12	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	102
3.12.1	Ejercicios resueltos . . . . .	102
3.12.2	Actividades propuestas . . . . .	104

**II Procesos fundamentales de la Ingeniería del Software 107**

<b>4</b>	<b>Requisitos</b>	<b>111</b>
4.1	La difícil tarea de determinar qué debe hacerse . . . . .	111
4.2	Objetivos . . . . .	112
4.3	Introducción . . . . .	113
4.4	Definiciones preliminares y características . . . . .	115
4.4.1	El concepto de requisito . . . . .	116
4.4.2	Actividades de requisitos . . . . .	116
4.4.3	Actores . . . . .	118
4.4.4	Características de los requisitos . . . . .	119
4.4.5	El documento de especificación de requisitos . . . . .	120
4.5	Tipos de requisitos . . . . .	121
4.5.1	Requisitos funcionales . . . . .	122
4.5.2	Requisitos no funcionales . . . . .	123
4.5.3	Otras clasificaciones de los requisitos . . . . .	125
4.6	Las actividades de requisitos . . . . .	127
4.6.1	Obtención de requisitos . . . . .	128
4.6.2	Análisis de requisitos . . . . .	132
4.6.3	Especificación de requisitos . . . . .	137

4.6.4	Validación de requisitos . . . . .	143
4.7	Notaciones para el modelado conceptual . . . . .	147
4.7.1	Casos de uso . . . . .	147
4.7.2	Modelos entidad-relación . . . . .	151
4.7.3	Diagramas de clases UML . . . . .	152
4.7.4	Notaciones formales . . . . .	155
4.8	Gestión del proceso de requisitos . . . . .	156
4.8.1	Seguimiento . . . . .	157
4.8.2	Métricas de los requisitos . . . . .	158
4.8.3	Herramientas para la gestión de requisitos . . . . .	160
4.9	Resumen . . . . .	162
4.10	Notas bibliográficas . . . . .	163
4.11	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	164
4.12	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	166
4.12.1	Ejercicios resueltos . . . . .	166
4.12.2	Actividades propuestas . . . . .	170
<b>5</b>	<b>Diseño</b> . . . . .	<b>173</b>
5.1	No es posible construir sin diseñar . . . . .	173
5.2	Objetivos . . . . .	174
5.3	Introducción . . . . .	175
5.4	Conceptos fundamentales de diseño . . . . .	176
5.4.1	Abstracción . . . . .	176
5.4.2	Componentes e interfaces . . . . .	177
5.4.3	Descomposición y modularización . . . . .	177
5.4.4	Medición de la modularidad . . . . .	178
5.4.5	Arquitectura de sistemas . . . . .	180
5.4.6	Notaciones de diseño . . . . .	184
5.5	Métodos de diseño . . . . .	184
5.5.1	Métodos estructurados . . . . .	184
5.5.2	Métodos orientados a datos . . . . .	189
5.5.3	Diseño orientado a objetos . . . . .	190
5.6	Otras técnicas relacionadas con el diseño . . . . .	199
5.6.1	Los patrones de diseño software . . . . .	199
5.6.2	Software <i>frameworks</i> , <i>plug-ins</i> y componentes . . . . .	203
5.6.3	Diseño por contrato . . . . .	205
5.7	Diseño de sistemas distribuidos . . . . .	207
5.8	Evaluación y métricas en el diseño . . . . .	209
5.9	Resumen . . . . .	213
5.10	Notas bibliográficas . . . . .	214
5.11	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	215

5.12	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	216
5.12.1	Ejercicios resueltos . . . . .	216
5.12.2	Actividades propuestas . . . . .	219
<b>6</b>	<b>Construcción</b> . . . . .	<b>223</b>
6.1	No da igual cómo esté construido . . . . .	223
6.2	Objetivos . . . . .	225
6.3	Introducción . . . . .	225
6.4	Lenguajes de construcción . . . . .	227
6.5	Reutilización del código . . . . .	230
6.6	Principios fundamentales de la construcción de software . . . . .	232
6.6.1	Minimizar la complejidad . . . . .	232
6.6.2	Anticipar los cambios . . . . .	250
6.6.3	Construir para verificar . . . . .	253
6.6.4	Utilización de estándares . . . . .	257
6.7	La calidad en la construcción de software . . . . .	260
6.7.1	Aserciones y diseño por contrato . . . . .	260
6.7.2	Análisis de rendimiento . . . . .	262
6.7.3	Depuración . . . . .	264
6.8	Gestión de la construcción . . . . .	266
6.8.1	Planificación de la construcción . . . . .	266
6.8.2	Métricas de construcción . . . . .	267
6.9	Resumen . . . . .	268
6.10	Notas bibliográficas . . . . .	269
6.11	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	269
6.12	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	271
6.12.1	Ejercicios resueltos . . . . .	271
6.12.2	Actividades propuestas . . . . .	276
<b>7</b>	<b>Pruebas</b> . . . . .	<b>279</b>
7.1	El porqué de las pruebas . . . . .	279
7.2	Objetivos . . . . .	280
7.3	Introducción . . . . .	280
7.3.1	Conceptos fundamentales . . . . .	284
7.3.2	Limitaciones en la realización de pruebas . . . . .	286
7.3.3	Las pruebas y el riesgo . . . . .	287
7.4	Técnicas de prueba . . . . .	289
7.4.1	Pruebas de caja blanca y de caja negra . . . . .	290
7.4.2	Clasificación exhaustiva de las técnicas de prueba . . . . .	295
7.5	Niveles de prueba . . . . .	298
7.5.1	Pruebas según su objeto . . . . .	298
7.5.2	Pruebas según el objetivo que persiguen . . . . .	305

7.6	Pruebas unitarias con JUnit . . . . .	308
7.6.1	Ejemplo sencillo de uso de JUnit . . . . .	309
7.6.2	Complicación del ejemplo inicial . . . . .	312
7.6.3	Colecciones de pruebas . . . . .	314
7.6.4	JUnit 4 . . . . .	315
7.7	Métricas relacionadas con las pruebas . . . . .	317
7.7.1	Medidas durante las pruebas . . . . .	318
7.7.2	Evaluación de las pruebas realizadas . . . . .	319
7.8	El proceso de prueba . . . . .	320
7.9	Resumen . . . . .	322
7.10	Notas bibliográficas . . . . .	324
7.11	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	325
7.12	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	326
7.12.1	Ejercicios resueltos . . . . .	326
7.12.2	Actividades propuestas . . . . .	330
<b>8</b>	<b>Mantenimiento</b> . . . . .	<b>333</b>
8.1	La mente de los otros . . . . .	333
8.2	Objetivos . . . . .	334
8.3	Introducción . . . . .	335
8.4	Conceptos fundamentales . . . . .	336
8.4.1	¿Qué es el mantenimiento del software? . . . . .	336
8.4.2	La facilidad de mantenimiento . . . . .	337
8.4.3	Mantenimiento y calidad . . . . .	339
8.4.4	Aspectos de la facilidad de mantenimiento . . . . .	340
8.5	La práctica del mantenimiento del software . . . . .	340
8.5.1	El mantenimiento del software como un caso especial de mantenimiento . . . . .	342
8.5.2	La evolución del software y sus leyes . . . . .	342
8.6	El proceso de mantenimiento . . . . .	344
8.6.1	Las actividades de mantenimiento . . . . .	345
8.6.2	El mantenimiento como preparación . . . . .	348
8.7	Técnicas para el mantenimiento del software . . . . .	348
8.7.1	Ingeniería inversa . . . . .	350
8.7.2	Reingeniería . . . . .	352
8.7.3	Reestructuración . . . . .	354
8.8	Métricas de mantenimiento . . . . .	357
8.8.1	Métricas del producto . . . . .	357
8.8.2	Métricas relacionadas con el proceso . . . . .	360
8.9	Resumen . . . . .	361
8.10	Notas bibliográficas . . . . .	363

8.11	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	364
8.12	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	365
8.12.1	Ejercicios resueltos . . . . .	365
8.12.2	Actividades propuestas . . . . .	369
<b>III Gestión y Calidad en la Ingeniería del Software</b>		<b>373</b>
<b>9</b>	<b>Calidad</b>	<b>377</b>
9.1	La especial naturaleza de la calidad . . . . .	377
9.2	Objetivos . . . . .	378
9.3	Introducción . . . . .	379
9.3.1	Cultura y ética de la calidad . . . . .	379
9.3.2	Valor y costes de la calidad . . . . .	381
9.3.3	Los múltiples aspectos de la calidad . . . . .	382
9.4	Calidad del producto . . . . .	384
9.4.1	El modelo de calidad de McCall . . . . .	384
9.4.2	El modelo de Boëhm . . . . .	387
9.4.3	El modelo de calidad ISO/IEC 9126 . . . . .	388
9.4.4	Otros modelos de calidad . . . . .	391
9.5	Calidad del proceso . . . . .	392
9.5.1	Aseguramiento de la calidad . . . . .	392
9.5.2	El modelo CMMI . . . . .	394
9.5.3	Modelo SPICE: El estándar ISO/IEC 15504 . . . . .	399
9.5.4	Los estándares de la familia ISO 9000 . . . . .	401
9.5.5	Otros modelos, estándares y especificaciones . . . . .	403
9.6	Resumen . . . . .	410
9.7	Notas bibliográficas . . . . .	412
9.8	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	413
9.9	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	414
9.9.1	Ejercicios resueltos . . . . .	414
9.9.2	Actividades propuestas . . . . .	416
<b>10</b>	<b>Gestión</b>	<b>419</b>
10.1	El desarrollo de proyectos no es sólo tecnología . . . . .	419
10.2	Objetivos . . . . .	421
10.3	Visión general de la gestión de proyectos . . . . .	422
10.4	La estimación de coste, plazos y esfuerzo . . . . .	424
10.4.1	Estimación mediante juicio de expertos . . . . .	425
10.4.2	Puntos de función . . . . .	426
10.4.3	Modelos algorítmicos o paramétricos . . . . .	429
10.4.4	Modelos basados en la inteligencia artificial . . . . .	436

10.4.5	Sistemas dinámicos . . . . .	439
10.4.6	Evaluación de modelos . . . . .	440
10.4.7	Calibración de modelos . . . . .	443
10.5	Planificación y seguimiento del proyecto . . . . .	443
10.5.1	Estructura de descomposición del trabajo . . . . .	444
10.5.2	Los métodos gráficos CPM y PERT . . . . .	445
10.5.3	Diagramas de Gantt . . . . .	450
10.5.4	Método del valor conseguido . . . . .	451
10.6	Revisiones y cierre del proyecto . . . . .	458
10.7	Gestión de los recursos humanos . . . . .	459
10.8	Gestión y análisis del riesgo . . . . .	460
10.9	Resumen . . . . .	462
10.10	Notas bibliográficas . . . . .	463
10.11	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	464
10.12	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	465
10.12.1	Ejercicios resueltos . . . . .	465
10.12.2	Actividades propuestas . . . . .	468
<b>11</b>	<b>Gestión de la configuración del software</b>	<b>471</b>
11.1	La importancia de poner las cosas en su sitio . . . . .	471
11.2	Objetivos . . . . .	473
11.3	La configuración del software . . . . .	473
11.4	Actividades de gestión de la configuración del software . . . . .	477
11.4.1	Identificación de la configuración del software . . . . .	478
11.4.2	Control de los cambios en el software . . . . .	481
11.4.3	Gestión de entregas . . . . .	484
11.5	Planificación y gestión . . . . .	487
11.5.1	Contabilidad y medición en gestión de la configuración . . . . .	488
11.5.2	Auditoría de la configuración software . . . . .	489
11.6	Técnicas y herramientas para el control de versiones . . . . .	489
11.6.1	Versiones, divisiones y deltas . . . . .	490
11.6.2	Políticas de control de versiones en grupos de trabajo . . . . .	491
11.7	Resumen . . . . .	494
11.8	Notas biibliográficas . . . . .	495
11.9	Cuestiones de autoevaluación . . . . .	496
11.10	Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	497
11.10.1	Ejercicios resueltos . . . . .	497
11.10.2	Actividades propuestas . . . . .	502

<b>12 Herramientas</b>	<b>505</b>
12.1 Las herramientas nos diferencian . . . . .	505
12.2 Objetivos . . . . .	506
12.3 Introducción . . . . .	507
12.3.1 Justificación de las herramientas CASE . . . . .	508
12.3.2 Ventajas e inconvenientes del uso de herramientas CASE . . . . .	509
12.4 Clasificación de las herramientas CASE . . . . .	510
12.4.1 Herramientas CASE según el ciclo de vida . . . . .	511
12.4.2 Herramientas CASE según su nivel de integración . . . . .	519
12.5 Selección y evaluación de herramientas . . . . .	526
12.5.1 Identificación de las necesidades . . . . .	527
12.5.2 Selección de herramientas candidatas . . . . .	528
12.5.3 Evaluación técnica . . . . .	529
12.5.4 Toma de la decisión final . . . . .	530
12.6 Resumen . . . . .	531
12.7 Notas bibliográficas . . . . .	531
12.8 Cuestiones de autoevaluación . . . . .	532
12.9 Ejercicios y actividades propuestas . . . . .	533
12.9.1 Ejercicios resueltos . . . . .	533
12.9.2 Actividades propuestas . . . . .	536