

MPIu+a. UNA METODOLOGÍA QUE INTEGRA LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE, LA INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR Y LA ACCESIBILIDAD EN EL CONTEXTO DE EQUIPOS DE DESARROLLO MULTIDISCIPLINARES

Departament de Llenguatges i Sistemes
Informàtics

Universitat de Lleida



Lleida, julio 2004

Memoria de la tesis doctoral desarrollada por *Toni Granollers i Saltiveri* y dirigida por el doctor *Jesús Lorés Vidal* para optar al grado de doctor en Informática, especialidad en Interacción Persona-Ordenador, por la Universitat de Lleida

AGRADECIMIENTOS – AGRAÏMENTS

Aunque suene un poco a tópico, debo manifestar que no hubiese sido capaz de realizar esta tesis doctoral sin contar con una serie de personas a las cuales deseo agradecer la ayuda, la colaboración, el apoyo y el tiempo que me han dedicado.

Encara que soni a tòpic, he de manifestar que no hagués estat capaç de realitzar aquesta tesi doctoral sense comptar amb una sèrie de persones a les quals desitjo agrair l'ajuda, la col·laboració, el recolzament i el temps que m'han dedicat.

Montse, sin duda la que más ha “sufrido” este trabajo, el cual me ha apartado de ella muchas horas que ha sabido tolerar y aguantar con gran serenidad. Su apoyo constante ha sido vital para poder llegar a este punto.

Mariona y Núria, su juventud les impide ser conscientes de lo que su padre ha estado haciendo, pero no pueden ni imaginarse el apoyo que me han prestado con tan sólo su presencia y revoloteando en medio de montones de papeles y libros.

Mi padre y mi madre me han apoyado constantemente, incluso cuando inicialmente no acababan de comprender la decisión de reorientar mi carrera profesional.

Jesús, más que un director de tesis se ha convertido en un amigo y compañero para toda la vida. Su visión, entre la técnica, las humanidades y la historia, es difícil de encontrar y altamente enriquecedora.

Josep Maria Pujol me ha brindado la oportunidad de realizar la tesis doctoral e iniciar así mi carrera universitaria profesional, que era mi sueño y ambición.

Ferran, compañero de trabajos de investigación y muchas otras

Montse, sense cap mena de dubte es la que més ha “patit” aquest treball, el qual m’ha apartat d’ella moltes hores que ha sabut tolerar i aguantar amb gran serenitat. El seu recolzament constant ha estat vital per poder arribar a aquest punt.

Mariona i Núria, la seva joventut els impedeix ser conscients del que el seu pare ha estat fent, no obstant no poden ni imaginar-se l’ajut que m’han donat amb tant sols la seva presència i “pul·lulant” entre els munts de papers i llibres.

El meu pare i la meva mare m’han recolzat constantment, fins i tot quan inicialment no acabaven de comprendre la decisió de reorientar la meva carrera professional.

Jesús, més que un director de tesi s’ha convertit en un amic i company per tota la vida. La seva visió, entre la tècnica, les humanitats i la història, és difícil de trobar i altament enriquidora.

Josep Maria Pujol m’ha brindat la

actividades. Con compañeros de este estilo resulta fácil emprender grandes propósitos.

Marta, Carles, Montse, Jaume, Josep M^a, Carme, David, Jordi y resto de miembros del grupo de investigación GRIHO, con los que he colaborado en multitud de proyectos, muchos de los cuales están reflejados en este documento.

oportunitat de realitzar la tesi doctoral i iniciar així la meua carrera universitària professional, que era el meu somni i ambició.

Ferran, company de treballs d'investigació i moltes altres activitats. Amb companys així es fàcil emprendre grans propòsits.

Marta, Carles, Montse, Jaume, Josep M^a, Carme, David, Jordi i la resta de membres del grup d'investigació GRIHO, amb els que he col·laborat en multitud de projectes, molts dels quals estan reflectits en aquest document.

RESUMEN

Esta tesis presenta un marco de desarrollo de sistemas interactivos que integra los procesos y métodos de la Ingeniería del Software con las bases de la Ingeniería de la Usabilidad, el conocimiento de la Interacción Persona-Ordenador y las bases actuales del desarrollo de aplicaciones Accesibles. Marco que ha sido validado mediante un extenso trabajo experimental basado en casos reales con el objetivo de ofrecer una metodología concisa para que los equipos de desarrollo multidisciplinares sean capaces de implementar sistemas usables y accesibles para todas las personas.

La investigación, que se enmarca principalmente en el contexto de la disciplina conocida con el nombre de Interacción Persona-Ordenador, nace con el espíritu de analizar todos los detalles del proceso comunicativo que se establece cuando una persona interactúa con un sistema interactivo y, a partir de este análisis, ser capaces de conseguir que estas personas perciban el proceso como una experiencia completamente satisfactoria. La vertiente humana de la tecnología, a pesar de ser la menos considerada, es la más importante, pues no olvidemos que en un mundo cada vez más individualizado y más dependiente de esta tecnología, el objetivo principal y único es que ésta sea de utilidad para satisfacer las necesidades de las personas.

En este contexto, la tesis se inicia a partir del conocimiento científico existente para aprender y entender que el estado actual de las prácticas científico-profesionales directamente relacionadas con el desarrollo de sistemas interactivos necesita una reorientación: El desarrollo tradicional marcado por los aspectos meramente tecnológicos debe ceder el primer nivel de importancia a los aspectos humanos y dejar que sean estos el referente principal. De esta forma, serán los usuarios, en su condición de personas que utilizan los sistemas interactivos con la finalidad de conseguir determinadas tareas, y no los técnicos informáticos y/o los diseñadores, quienes decidirán cuando un sistema es fácil de

utilizar o no lo es, lo cual establece, en definitiva, la calidad percibida de dichos sistemas.

Una de las premisas básicas de este trabajo es que los equipos de desarrollo de los sistemas interactivos ya no están solamente compuestos por ingenieros software y programadores. Ahora los equipos son, o necesitan ser, interdisciplinarios y, por tanto, el método debe ser comprensible por un conjunto mucho más amplio de investigadores de ámbitos tan diversos como la sociología, la psicología, etc. Así pues, en la tesis se exploran los pormenores de las relaciones que se establecen entre tal diversidad de personas y la diferente implicación de cada una de ellas cuando están inmersas en un proceso de producción de sistemas interactivos. La metodología resultante ofrece el marco de desarrollo formalizado que los equipos multidisciplinares necesitan para poder desarrollar verdaderos sistemas interactivos centrados en los usuarios.

La investigación, realizada en el entorno de un grupo de investigación universitario, no se ha limitado solamente a explorar dicho conocimiento, sino que durante la misma se ha realizado un extenso estudio de campo aplicado a más de veinticinco casos reales de índole muy diversa y variada que establecen la base experimental del trabajo aquí presentado.

El estudio, además del propio desarrollo de la metodología, se complementa con una aportación novedosa en el terreno de las métricas de la usabilidad de los sistemas interactivos que trata de ponderar los resultados a partir del procedimiento utilizado para su desarrollo. Este enfoque, descrito en la parte final del documento, abre una nueva vía de investigación con nuevas posibilidades en un ámbito que no por falta de interés ni de necesidad parecía estar un poco desatendido debido a una escasez de nuevas ideas.

Finalmente, cabe remarcar que la presentación y publicación de los resultados que este trabajo experimental ha ido generando en diversos congresos y publicaciones nacionales e internacionales de la temática relacionada avalan el interés y la veracidad de los resultados obtenidos.

RESUM

Aquesta tesi presenta un marc de desenvolupament de sistemes interactius que integra els processos i mètodes de l'Enginyeria del Software amb els fonaments de l'Enginyeria de la Usabilitat, el coneixement de la Interacció Persona-Ordinador i les bases actuals del desenvolupament d'aplicacions Accessibles. Marc que s'ha validat mitjançant un extens treball experimental basat en casos reals amb l'objectiu d'oferir una metodologia concisa per a que els equips de desenvolupament multidisciplinaris siguin capaços d'implementar sistemes usables i accessibles per a totes les persones.

La investigació, que s'emmarca principalment en el context de la disciplina coneguda amb el nom d'Interacció Persona-Ordinador, naix amb l'esperit d'analitzar tots els detalls del procés comunicatiu que s'estableix quan una persona interactua amb un sistema interactiu, i, a partir d'aquesta anàlisi, ser capaços d'aconseguir que aquestes persones percebin el procés com una experiència completament satisfactòria. La vessant humana de la tecnologia, a pesar de ser la menys considerada, és la més important, doncs no podem oblidar que en un món cada cop més individualitzat i més dependent d'aquesta tecnologia, l'objectiu principal i únic és que aquesta tecnologia sigui d'utilitat per satisfer les necessitats de les persones.

En aquest context la tesi s'inicia a partir del coneixement científic existent per aprendre i entendre que l'estat actual de les pràctiques científiques i professionals directament relacionades amb el desenvolupament de sistemes interactius necessita una reorientació: el desenvolupament tradicional marcat pels aspectes merament tecnològics ha de cedir el primer pla d'importància als aspectes humans i deixar que siguin aquests el referent principal. D'aquesta manera seran els usuaris, en condició de persones que utilitzen els sistemes interactius amb la finalitat d'aconseguir tasques determinades, i no els tècnics informàtics i/o els dissenyadors qui decidiran quan un sistema és o no és fàcil d'utilitzar; fet que en definitiva estableix la qualitat percebuda dels

esmentats sistemes.

Una de las premisses bàsiques d'aquest treball és que els equips de desenvolupament dels sistemes interactius ja no estan formats tant sols per enginyers software i programadors. Ara els equips són, o necessiten ser, interdisciplinaris i, per tant, el mètode ha de ser comprensible per un conjunt molt més ampli d'investigadors d'àmbits tan diversos com la sociologia, la psicologia, etc. Així doncs, en la tesi s'exploren els detalls de les relacions que s'estableixen entre tal diversitat de persones i la diferent implicació de cadascuna d'elles quan estan immerses en un procés de producció de sistemes interactius. La metodologia resultant ofereix el marc de desenvolupament formalitzat que els equips multidisciplinaris necessiten per poder desenvolupar veraders sistemes interactius centrats en els usuaris.

La investigació, realitzada en l'entorn d'un grup d'investigació universitari, no s'ha limitat solament a explorar el coneixement esmentat sinó que durant la mateixa s'ha realitzat un extens estudi de camp aplicat a més de vint-i-cinc casos reals d'índole molt diversa i variada que estableixen la base experimental del treball aquí presentat.

L'estudi, a més del propi desenvolupament de la metodologia, es complementa amb una aportació innovadora en el terreny de les mètriques de la usabilitat dels sistemes interactius que mira de ponderar els resultats a partir del procediment utilitzat pel seu desenvolupament. Aquest manera d'enfocar-ho, descrit en la part final del document, enceta una nova via de recerca amb noves possibilitats en un àmbit que no per falta d'interès ni de necessitat semblava estar una mica desatès degut a una manca de noves idees.

Finalment cal remarcar que la presentació i publicació dels resultats que aquest treball experimental ha anant generant en diversos congressos i publicacions nacionals i internacionals de la temàtica relacionada avalen l'interès i la veracitat dels resultats obtinguts.

ABSTRACT

This thesis presents an interactive systems development framework that integrates the processes and methods of Software Engineering with the basis of Usability Engineering, Human-Computer-Interaction knowledge and the current basis for developing Accessible applications. A framework that has been validated by means of extensive experimental work based on real cases. The objective is to offer a concise methodology to the multidisciplinary development teams that enables them to implement usable and accessible systems for everyone.

The research, mainly framed in the Human-Computer Interaction context, was born with the spirit to analyze all the details of the communicative process that is established when a person interacts with an interactive system. From this analysis it is possible to achieve the perception of a completely satisfactory experience for the user. The human side of technology, in spite of being less considered, is the most important; we should not forget that in a world more and more individualized and technology-dependant, the one and primary goal is that this technology is of use in satisfying the needs of the people.

In this context the thesis starts with the existing scientific knowledge in order to learn and to understand that the present state of the scientist-professional practices directly related to the development of interactive systems needs reorientation. The traditional technological-oriented development must yield the first level of importance to the human aspects, allowing them to be the main reference point. In this way it will be the people who use the interactive systems with the purpose of performing concrete tasks, and not the computer science technicians and/or designers who will decide when a system is or is not easy to use. It is this that will then establish the perceived quality of these systems.

One of the basic premises of this work is that the interactive systems development teams are no longer only made up of software engineers and programmers. Now the teams are, or need to be,

interdisciplinary and, therefore, the method to follow must be comprehensible by a much wider range of people of diverse scopes such as sociology, psychology, etc. Thus, in the thesis the details are explored of the relationships that are established between such diversity of people and the different implication from each one of them when they are immersed in a process of production of interactive systems. The resulting methodology offers the formalized development framework that the multidisciplinary teams need to be able to develop true interactive systems centred on the users.

The research, carried out in the context of a university research group, has not been only limited to explore this knowledge. During the research an extensive field study has been carried out that has been applied to more than twenty-five very diverse and varied real cases, enabling the experimental base of the work here presented.

The study, in addition to the development of the methodology, is complemented by a novel contribution to the usability metrics field that tries to weigh the results from the procedure used for its development. This approach, described in the final part of the document, opens a new research line with new possibilities in a scope that did not seem to be (from lack of interest, not necessity) a little neglected due to a shortage of new ideas.

Finally, it is possible to highlight the fact that the presentation and publication of the results in national and international related conferences, generated by this experimental work, guarantee the interest and the veracity of the obtained results.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1.Motivación.....	1
2.Objetivos.....	4
3.Solución propuesta.....	5
4.Principales aportaciones.....	6
5.Casos estudiados como validación experimental	7
6.Clasificación de la tesis.....	19
7.Estructura del documento.....	21
TRABAJO RELACIONADO.....	23
8.Ingeniería de la Usabilidad.....	24
8.1.Modelos de la IU existentes....	24
8.1.1.NIELSEN (1993).....	24
8.1.2.El modelo DUTCH.....	25
8.1.3.El ciclo de vida de la Ingeniería de la Usabilidad	28
8.1.4.Desarrollo basado en escenarios	30
8.1.5.Modelo de Proceso de Usabilidad Pervasiva	33
8.2.Diferencia entre Ingeniería de la Usabilidad y la Evaluación de la Usabilidad.....	33
9.Ingeniería del Software	34
9.1.Definiciones de Ingeniería del Software	34
9.2.Modelos de Proceso de la Ingeniería del Software	36
9.2.1.Modelo lineal o modelo en cascada	36
9.2.2.Modelo de desarrollo evolutivo en espiral	39
9.2.3.Modelo de desarrollo evolutivo WinWin	40
9.3.La calidad del software.....	42
9.4.Actividades de Protección	44
9.4.1. Gestión de la Configuración (GC)	45
9.4.2. Garantía de la Calidad del Software (GCS)	46
9.4.3. Gestión del Riesgo (GR).....	49
10.El paradigma web.....	51
10.1.Algunas características de los sitios web	52
10.2.La Arquitectura de la Información	53
10.2.1. Concepto	54
10.2.2. Elementos básicos de la Arquitectura de la Información	54
10.2.3. La Arquitectura de la Información como disciplina	56
11.Ingeniería de Requisitos	57
11.1.Requisitos, ¿qué son?.....	57
11.2.Importancia de los requisitos.	58
11.3.Personas, comunicación y requisitos	59
11.4.El análisis de los requisitos como disciplina de ingeniería	60
11.4.1.Modelos de Proceso de la Ingeniería de Requisitos	61
11.4.2.Documentar el Análisis de Requisitos	67
12.Accesibilidad.....	69
12.1.Iniciativa eEurope: Una Sociedad de Información para todos	71
13.Estándares ISO relacionados.....	73
LA INTERFAZ DE USUARIO	75
14.El usuario.....	76
15.El concepto de interfaz.....	77

Tabla de contenido

16.La interfaz de los sistemas interactivos	77
16.1.¿Por qué es tan importante estudiar la interfaz de usuario?	79
17.La Interacción Persona-Ordenador	80
17.1.Principal tema de la IPO.....	81
17.2.La interdisciplinariedad de la IPO	82
18.Diseño Centrado en el Usuario (DCU)	84
18.1.Principios del Diseño Centrado en el Usuario	86
18.2.ISO 13407: Human-centred design processes for interactive systems	86
18.3.Diseño Contextual	87
18.4.No confundir DCU con Diseño Centrado en el Uso	89
18.5.Diseño de Sistemas Centrados en los Usuarios vs Diseño de Sistemas Dirigidos por la Tecnología	91
19.El factor humano.....	92
19.1.Sensación y percepción.....	93
19.1.1.Sensación: los canales de entrada	93
19.1.2.Percepción.....	97
19.2.La memoria.....	102
19.2.1.La memoria sensorial.....	103
19.2.2.La Memoria Operativa.....	104
19.2.3.La Memoria a Largo Plazo.	104
19.3.Representación del conocimiento	105
19.3.1.Modelos mentales.....	105
20.Usabilidad y accesibilidad.....	109
20.1.Usabilidad.....	110
20.1.1.Definición.....	112
20.1.2.Importancia de la usabilidad	115
20.1.3.Beneficios de la usabilidad	116
20.1.4.Atributos de la usabilidad.	122
20.1.5.Atributo de calidad del software	128
20.1.6.La usabilidad en la web....	129
20.1.7.¿En qué momento se debe considerar la usabilidad?	132
20.2.Accesibilidad	133
20.2.1.Accesibilidad de las interfaces	135
20.2.2.Una necesidad general.....	139
20.2.3.Motivos para diseñar de forma accesible	142
20.2.4.La accesibilidad en Internet	145
20.3.Guías de accesibilidad para los sistemas interactivos	146
20.4.No es lo mismo accesibilidad que usabilidad	146
21.Reflexión.....	147
EQUIPOS DE DESARROLLO MULTIDISCIPLINARES	149
22.Introducción.....	149
23.Necesidad de equipos multidisciplinares	151
24.Principales disciplinas de los equipos de desarrollo	155
24.1.Etnografía y sociología.....	156
24.2.Psicología.....	158
24.3.Ergonomía.....	158
24.4.Diseño gráfico.....	160
24.5.Programación.....	165
24.6.Ingeniería de Software.....	165
24.7.Inteligencia Artificial.....	167
24.8.Documentación.....	168
25.¿Realmente se consigue formar equipos multidisciplinares?	171

26.La comunicación entre personas de disciplinas distintas en un mismo grupo con objetivos comunes.....	172
27.Agradecimientos especiales.....	173
MODELO DE PROCESO DE LA INGENIERIA DE LA USABILIDAD Y DE LA ACCESIBILIDAD (MPlu+a).....	175
28.Introducción.....	175
29.¿Por qué un nuevo modelo de proceso?	175
30.Visión general.....	180
30.1.La base experimental del modelo	181
30.2.Integración con la Ingeniería del Software	182
31.Eschema del MPlu+a.....	187
32.Características.....	188
33.Fases.....	193
33.1.Prototipado.....	195
33.1.1. ¿Qué es un prototipo?.....	196
33.1.2.Categorías de técnicas de prototipado	197
33.1.3.Dimensiones del prototipado	199
33.1.4.Prototipado contextual.....	200
33.1.5.Técnicas de prototipado.....	200
33.1.6.Escogiendo entre las alternativas	240
33.2.Evaluación.....	244
33.2.1.Objetivos de la evaluación	245
33.2.2.¿Dónde se realizan las evaluaciones?	246
33.2.3.Clasificación.....	250
33.2.4.Plan de evaluación.....	255
33.2.5.Métodos de Evaluación de la Usabilidad	256
33.2.6.Métricas de Usabilidad.....	295
33.2.7.Métodos de Evaluación de la Accesibilidad	298
33.2.8.Documentar la evaluación.	303
33.3.Análisis de Requisitos.....	305
33.3.1.Análisis.....	306
33.3.2.La Recogida de Requisitos en el modelo de proceso	307
33.4.Diseño.....	330
33.4.1.Objetivos.....	331
33.4.2.Relación con los factores humanos	332
33.4.3.Modelo mental y modelo conceptual	338
33.4.4.Actividades del modelo de proceso en la fase de diseño	341
33.5.Implementación.....	362
33.5.1.Codificación.....	364
33.5.2.Accesibilidad.....	365
33.6.Lanzamiento.....	366
34.El MPlu+a en el entorno web.....	369
34.1.Análisis de Requisitos.....	369
34.1.1.Estudio de la audiencia y de la plataforma	369
34.1.2.Diseño para la diversidad.	370
34.1.3.Necesidades de los usuarios	372
34.1.4.Evaluación en la fase de requisitos	376
34.2.Diseño.....	377
34.2.1.Estudio de los modelos de navegación	377
34.2.2.La página de Inicio.....	378
34.2.3.La navegación.....	380
34.2.4.La Arquitectura de la Información	380
34.3.Implementación.....	383

Tabla de contenido

34.4.Lanzamiento.....	386
35.Metodología de validación del MPLu+a	387
35.1.Actividades de protección y de planificación	388
35.2.HT-GC. La Hoja de Trabajo de la Gestión de la Configuración	390
35.3.La documentación	393
35.4.Proyectos reales para validar y modificar el modelo de proceso	395
36.El Esfuerzo de Usabilidad (EU).....	396
36.1.Medición actual de la usabilidad. Principales problemas	398
36.2.Base metodológica para una nueva propuesta para medir la usabilidad	400
36.3.Nueva métrica para la usabilidad: Esfuerzo de Usabilidad	400
36.3.1.Definición.....	401
36.3.2.Obtención.....	401
36.4.El futuro del Esfuerzo de Usabilidad	419
37.Conclusiones del capítulo.....	421
CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO...	424
38.Conclusiones.....	424
39.Trabajo futuro.....	428
ANEXO ACCESIBILIDAD.....	437
Legislación sobre Accesibilidad para la Sociedad de la Información	437
Norma UNE EX 139802.....	437
Info XXI.....	437
Declaración de Madrid.....	438
LEY 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la Sociedad de la Información y de comercio electrónico (LSSICE)	438
I Plan Nacional de Accesibilidad 2004-2012	439
Estado del arte a nivel internacional	439
ANEXO Proyectos Validados.....	442
Vilars Realidad Aumentada.....	442
Introducción.....	442
¿De dónde surge la idea de este proyecto?	443
Cómo se ha aplicado el MPLu+a para el desarrollo de este proyecto	444
Web del Centre Excursionista de Lleida	461
Introducción.....	461
Cómo se ha aplicado el MPLu+a para el desarrollo de este proyecto	462
Entorno de Recepción Ubicuo.....	481
Introducción.....	481
Problema.....	482
Descripción del sistema interactivo	482
Aplicación del MPLu+a para la implementación de este proyecto	483
Proyecto del sitio web culturanocturna.com	500
Introducción.....	500
El proyecto.....	501
Aplicación del MPLu+a para la implementación de este proyecto	502
ANEXO Cálculo del EU en algunos de los casos reales referenciados	542
REFERENCIAS.....	562

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.Motivación

Hace poco me comentaba un compañero agricultor de poco más de 40 años con un nivel cultural y de estudios más bien alto que había desistido de comprar un nuevo modelo de tractor para trabajar la tierra porque “incorporaba tanta tecnología que se veía incapaz de utilizarlo”. Aunque el tractor estaba dotado de novedades tecnológicas que probablemente le facilitarían su día a día, no estaba adaptado a la manera de proceder, de pensar y de actuar de un campesino, así que mi compañero temió que el nuevo tractor requeriría tanto esfuerzo y dedicación en aspectos ajenos a su verdadero trabajo que le impedirían concentrarse en lo que realmente le interesaba.

Este ejemplo, nada habitual como introducción de un trabajo de tesis doctoral, reproduce un escenario frecuente en la sociedad actual y en el que los profesionales de las tecnologías de la información tenemos gran parte de culpa de que así sea. El ejemplo pretende hacer reflexionar sobre el aspecto más humano (y más olvidado) de la tecnología en la que estamos cada vez más inmersos. Diariamente el espectro tecnológico que las personas tenemos a nuestra disposición se amplía, lo que en muchas ocasiones, como le pasaba a mi compañero, más que ayudarnos nos desorienta.

Este avance tecnológico es necesario y prácticamente imparable, está presente en todas partes, disponible en una amplia gama de posibilidades, formas, colores y tamaños, y si no tenemos presente que su finalidad primera no es otra que ser “útil para todas las personas” fomentaremos la temida barrera digital que separará a las personas en dos grupos cada vez más distanciados, los que tienen acceso a la tecnología de la información y los que no la tienen. La tecnología no sólo debe medirse en términos de rentabilidad económica, sino que debe fomentar una justicia social como medio integrador de personas, razas, culturas y creencias sin distinción.

Así pues, el motivo principal del trabajo se centra en proponer una

manera metodológica e ingenieril para aquellos equipos de desarrollo de sistemas software tan preocupados por los aspectos tecnológicos como por los aspectos humanos de las personas que utilizarán sus implementaciones.

Para comprender perfectamente el enfoque de este trabajo será significativo conocer que el mismo se ha realizado en el entorno del grupo multidisciplinar de investigación universitario GRIHO (*Grup de Recerca en Interacció Home-Ordinador* o *Grupo de Investigación en Interacción Persona-Ordenador*¹) de la Universitat de Lleida (UdL) relacionado con la tecnología informática dónde los aspectos humanos ocupan una posición destacada en la filosofía de los desarrollos e investigaciones que se realizan.

En este equipo de investigación confluimos personas formadas en especialidades tan diversas como son la ingeniería del software, el diseño gráfico, la psicología, las ciencias de la educación, las ciencias económicas y empresariales, la comunicación audiovisual, la arqueología, la historia, etc. involucrados todos en proyectos de desarrollo de aplicaciones interactivas de características muy diferentes.

La mayoría de los proyectos aludidos se realizan para empresas y entidades de nuestro entorno social más próximo, lo que nos pone en contacto directo con usuarios e implicados reales así como con partidas presupuestarias y temporales perfectamente definidas y ajustadas.

Si además, como se ha mencionado, tenemos presente que estos proyectos se desarrollan en un contexto universitario estamos contribuyendo con las funciones principales de la comunidad universitaria: Investigar y establecer un servicio científico, técnico, cultural y de transferencia de conocimientos a la sociedad.

Por otra parte, haber dedicado casi toda mi vida profesional al desarrollo de proyectos en entornos industriales diversos (donde el componente interactivo de los mismos era la más importante) me proporciona una visión muy práctica y concisa sobre cómo los equipos compuestos única y exclusivamente por ingenieros y programadores software abordan el desarrollo de sofisticados sistemas con un elevado nivel técnico y, factor aun más importante, de mi visión particular de cómo deberían realizarse.

¹ Estos términos serán ampliamente tratados a lo largo del documento.

Constato, por tanto, que existe una desconexión entre estos profesionales y el resto de personas que pueden contribuir positivamente al proceso.

Encontramos, además, otro sector de profesionales con perfil de diseñador que abordan la problemática desde puntos de vista totalmente diferentes afrontando tan sólo los aspectos puramente estéticos del sistema (las pantallas que el usuario percibe), aunque ello cree otro nivel de desconexión entre ellos y los implementadores finales del sistema.

Toda esta situación proporciona una visión panorámica del desarrollo de aplicaciones interactivas completa en las que es necesario, y muy positivo, contar con la múltiple visión de estos equipos multidisciplinares para conseguir proporcionar a otras personas dispositivos a los que puedan acceder para interactuar lo más fácil y eficientemente posible.

La perspectiva actual, tanto nacional como internacional, constata un paralelismo entre la predominancia de las metodologías de la Ingeniería Software para el desarrollo de sistemas interactivos y la emergencia de un interés cada vez más creciente para que éstos sean fáciles de utilizar y accesibles para todas las personas. La misma perspectiva también confirma la carencia de componentes integradoras de las metodologías de desarrollo utilizadas con las técnicas que permiten conseguir los objetivos mencionados. En este sentido, se observan iniciativas lideradas por grupos de investigación, tanto desde la vertiente de la Ingeniería del Software como desde la Interacción Persona-Ordenador cuya finalidad principal es conseguir un marco común a partir del conocimiento de cada parte implicada.

De esta misma línea de trabajo nace uno de los puntales básicos de esta tesis, a la que se une la experiencia acumulada en el desarrollo de soluciones interactivas para investigar cómo es posible encontrar este acercamiento de posiciones para proporcionar una alternativa que facilite la interrelación interdisciplinar que permita llegar al objetivo deseado.

La propuesta presentada en este trabajo de investigación, a diferencia de otras, no está basada en modelos teóricos que posteriormente se tratan de validar con algún caso más o menos real, sino que surge como resultado de analizar un elevado número de casos reales implementados en los que se han reflejado los diferentes puntos de vista de todos los miembros del equipo. Con ello queremos remarcar

que la solución adoptada no necesita de una validación *a posteriori*, puesto que, contrariamente a éstas otras, nace a partir de validaciones ya implementadas: El propio desarrollo de la metodología incorpora su propia validación.

2.Objetivos

Tal y como se ha introducido anteriormente, el objetivo principal de la investigación que da lugar a esta tesis doctoral reside en proponer y validar una metodología de desarrollo de aplicaciones interactivas basada en métodos de ingeniería que, integrando aportaciones de una variedad disciplinar efectiva, facilite el desarrollo de sistemas software de manera que los parámetros relacionados con la facilidad de uso y con la accesibilidad de dichos sistemas adquieren un papel predominante, incluso por encima de los aspectos derivados de la propia tecnología.

Entre los objetivos principales cabe destacar también la voluntad de ofrecer un abanico lo más extenso posible de casos reales que demuestren que el conocimiento adquirido se ha testado en multitud de situaciones diversas. Este abanico de casos debe servir, además de para validar la metodología, para probar algunas de las técnicas de las que sólo se tienen referencias teóricas y pocas o ninguna de práctica.

En este contexto, si bien el paradigma predominante de interacción sigue siendo el de un usuario sentado frente al ordenador de su mesa de trabajo —modelo conocido como el paradigma de la sobremesa—, el método o forma de trabajar propuesto sigue siendo válido para paradigmas emergentes tales como la computación ubicua y la realidad aumentada.

También son objetivos de la investigación proponer un nuevo enfoque de las métricas de usabilidad que relacione el procedimiento con los resultados obtenidos y desarrollar una herramienta software de desarrollo cuya principal funcional es la gestión de proyectos de desarrollo de sistemas interactivos siguiendo el modelo de proceso propuesto. Con ello se pretende ofrecer un soporte logístico a aquellos equipos de desarrollo interesados en implementar sistemas siguiendo nuestra propuesta a la vez que disponer de una herramienta de soporte para las investigaciones futuras que de esta tesis se deriven.

3.Solución propuesta

Partiendo del conocimiento, el estudio y la comprensión de los modelos existentes, de la literatura científica relacionada y de experiencias empresariales reales, se propone un modelo de diseño y desarrollo de sistemas interactivos centrado en los usuarios al que hemos denominado “Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad, MPlu+a”.

Este modelo de proceso, que se fundamenta en la disciplina de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) y también en las Ingenierías del Software y de la Usabilidad, proporciona la manera de proceder organizada y formalizada para conseguir usabilidad y accesibilidad en el diseño de interfaces de usuario durante el desarrollo de un sistema interactivo, tratándose de una materia que surge, como consecuencia de la multidisciplinariedad de la propia IPO, que tiene sus raíces en otras disciplinas básicas (psicología cognitiva, psicología experimental, etnografía, diseño gráfico, etc.).

El modelo presentado dispone de un esquema propio que le identifica y que ubica además cualquier actividad que se esté realizando en dicho esquema.

La independencia tecnológica, la posibilidad de aplicación a cualquier tipología de sistema interactivo, la adaptación a los diferentes modelos mentales que confluyen en un equipo multidisciplinar, la simplicidad, la iteratividad, la integración de metodologías y formalismos de la Ingeniería del Software, la integración por primera vez de los fundamentos de la accesibilidad y la consistencia con los estándares vigentes constituyen las principales características del modelo MPlu+a presentado.

En el se despliega totalmente la explicación de dicho modelo adjuntando un elevado número de ejemplos procedentes de su aplicación a algunos desarrollos realizados durante el periodo de investigación que ha dado como fruto la presente tesis.

La solución presentada viene acompañada de una nueva manera de concebir las métricas que permiten conocer el grado de usabilidad de los sistemas interactivos desarrollados a partir del modelo propuesto y por un capítulo dedicado al papel y la contribución de las diferentes disciplinas que la IPO intervienen en un desarrollo de sistemas software y la particular visión de cada una de ellas del modelo de proceso presentado.

4.Principales aportaciones

En un contexto de desarrollo de aplicaciones software de sistemas interactivos en los que los usuarios finales focalizan la atención de dichos desarrollos las principales aportaciones con las que este trabajo de investigación contribuye pueden resumirse en la siguiente relación:

- Esta tesis presenta un *elevado número de casos reales resueltos* durante el desarrollo de los cuales constantemente se han realizado pruebas sistemáticas de todos los componentes del modelo con la finalidad de disponer un extenso estudio de campo que permita validar experimentalmente la metodología propuesta. En este sentido, podemos afirmar que se trata de una de las tesis del ámbito de la Interacción Persona–Ordenador que aportan mayor sustento práctico para validar su aportación teórica.
- Una *aproximación metodológica en clara sintonía con los trabajos más actuales a escala internacional para integrar la Ingeniería del Software con la Ingeniería de la Usabilidad y la Interacción Persona–Ordenador* completando dicha integración con la *incorporación de aspectos relativos a la accesibilidad* de los sistemas desarrollados. Esta aproximación metodológica denominada *Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad, MPLu+a*, constituye el núcleo central de la tesis.
- *Aplicación de todas las técnicas* existentes de la disciplina de *Interacción Persona–Ordenador* para, además de conocerlas, experimentar con su efectividad en las diferentes situaciones en las que se utilizan durante los mencionados desarrollos.
- En relación con el punto anterior, cabe destacar que como resultado de dicha experimentación práctica en esta tesis se propone una *nueva técnica de prototipado*, el *storyboard navegacional*, y una *nueva de evaluación*, el *recorrido cognitivo con usuarios*, que si bien son resultado de la extensión de otras ya existentes aportan mayor productividad, eficiencia y, sobre todo, aires frescos a un espacio que últimamente parece encontrarse en proceso de estancamiento investigador.
- Se ha realizado un especial énfasis para plasmar un *escrupuloso trabajo con personas de disciplinas de procedencia muy diversa* para investigar la constitución de verdaderos *equipos interdisciplinarios* para la realización de soluciones interactivas. La multidisciplinariedad es un aspecto altamente defendido desde la vertiente de la IPO, no obstante la bibliografía que

muestre la verdadera constitución de esta tipología de equipos es escasa (por no decir que es nula). El fruto de este trabajo en este aspecto es tan interesante que se ha creído conveniente dedicarle un capítulo entero, el .

- *Adecuación de la metodología a los estándares ISO vigentes* en cuanto al desarrollo de software y la Interacción Persona-Ordenador.
- También se define un *concepto novedoso* acerca de la medición del grado de usabilidad de cualquier sistema interactivo. Este concepto ha sido definido con el nombre de *Esfuerzo de Usabilidad* como manera de valorar la usabilidad del sistema desarrollado valorando las actividades realizadas durante su desarrollo.
- Y para finalizar, se ha implementado la primera versión de una *herramienta software* que facilita la gestión de la metodología para aquellos equipos de desarrollo de sistemas interactivos que desean aplicar esta metodología a sus sistemas.

5.Casos estudiados como validación experimental

Uno de los aspectos más importantes —por no decir el más importante— de este trabajo de tesis es la validación experimental tanto de las técnicas y metodologías previamente conocidas como de las que en este mismo trabajo se proponen.

Esta validación experimental se ha realizado en base a un extenso conjunto de proyectos reales de índole muy diversa que permiten exponer una amplia gama de tipologías con desarrollos enmarcados en paradigmas tan distintos que abarcan desde la computación ubicua a la computación de sobremesa pasando por desarrollos web y por implementaciones basadas en la realidad aumentada.

Los escenarios que a continuación se enumeran y brevemente se describen corresponden a situaciones reales con las que nos hemos enfrentado en el equipo universitario multidisciplinar de investigación GRIHO (<http://www.griho.net>) y sirven de ejemplos prácticos de esta tesis para ofrecer una visión de las perspectivas y de las necesidades de los sistemas interactivos en la sociedad actual:

Caso 1: *PAYPER: Estudio y diseño nuevas interfaces Módulo MCB-05*

Palabras clave: Entorno industrial, interfaz gráfica, internacionalización.

Resumen: PAYPER es una empresa nacional del sector industrial dedicada a

la fabricación de equipos de pesaje que exporta sus productos a países de todo el mundo, aunque mayoritariamente a la zona Europea (Francia, Alemania, Suiza, Portugal). La empresa dispone de un equipo propio de I+D para mejorar la calidad de sus productos. Uno de sus equipos emblemáticos (por ser de los más utilizados) es un controlador de pesaje de 2ª generación, denominado comercialmente Módulo MCB-05, con el que gobiernan distintos equipos, gracias al cual los trabajadores de las empresas operan durante la jornada laboral. Recientemente se han percatado de que su producto funcionalmente está dotado de todo lo necesario para satisfacer las necesidades de su mercado, sin embargo, no pasa lo mismo con la operatividad que el controlador ofrece a sus usuarios. Por ello, han visto la necesidad de rediseñar la interfaz del equipo incorporando nuevas posibilidades interactivas para mejorar la forma de trabajar de los operadores y confiando en la experiencia IPO del grupo de investigación GRIHO nos encargaron dicha remodelación.

Caso 2: Entorno de Recepción Ubicuo (“Pantalla”)

Palabras clave: Entorno industrial, nuevos paradigmas, interacción multimodal, interfaz tipo web, multimedia, usuario “inexperto”.

Resumen: Una empresa cuya actividad principal es la fabricación de estructuras y elementos prefabricados de hormigón armado y pretensado para edificación y obra pública dispone en la sede principal de sus oficinas centrales de una recepción para recibir visitas (clientes, personalidades, arquitectos, contratistas de obra...). La dirección de dicha empresa decidió transformar la recepción (*hall de visitas*) en un entorno único y singular donde la persona que al mismo accediera se vea sorprendida por medio de información multimedia personalizada proyectada sobre una pantalla de alta definición y grandes dimensiones. Además de las características espectaculares del sistema, una peculiaridad determinante es que para conseguir que el sistema funcione eficientemente éste deberá ser gobernado por una persona con un elevado conocimiento, tanto de la empresa como de la mayoría de los clientes de la misma, pero con el inconveniente de que carece de experiencia en el uso de sistemas interactivos. Para ello se realizará un enorme esfuerzo para realizar un verdadero diseño centrado en dicho usuario.

Caso 3: Sitio web Centre Excursionista de Lleida

Palabras clave: Sitio web, usuarios muy heterogéneos, excursionismo.

Resumen: Un centro excursionista es una asociación de personas de muy diversa procedencia con una afición común: Realizar actividades relacionadas con el excursionismo, preferentemente de montaña, y actividades relacionadas. A pesar de que este tipo de actividad puede realizarse sin disponer de un espacio en Internet, los responsables del

Centre Excursionista de Lleida (CEL) pensaron que disponer de éste podría serles de utilidad, así que decidieron proporcionar un espacio interactivo donde socios y no socios encontrasen diferente tipo de información. Esta irrupción tecnológica proporcionó una nueva forma de comunicación y colaboración entre sus miembros, abriendo una enorme expectación entre ellos. Así pues, el desarrollo del espacio web especialmente diseñado para esta entidad será uno de los casos de estudio que perfectamente podría ser adaptado a otras instituciones semejantes.

Caso 4: *Sitio web Infants Paeria*

Palabras clave: Sitio web, usuarios muy jóvenes, accesibilidad cognitiva, organismo público, varios niveles de usuarios.

Resumen: La ciudad de Lleida (Cataluña) es una ciudad de unos cien mil habitantes que, como es obvio, dispone de su espacio web público con un número cada vez mayor de opciones con la finalidad de informar, entretener y sobre todo ofrecer servicios a sus ciudadanos. Uno de los servicios que el ayuntamiento (conocido en Lleida como Paeria) ofrece es un espacio interactivo para que los más pequeños mediante el juego aprendan aspectos relacionados con su ciudad y sus ciudadanos. El público objetivo de este espacio es muy variado en cuanto a los conocimientos y habilidades de los mismos, pues podemos encontrar tanto un niño de 3 años como un adolescente de 14 o más, lo que hace realmente importante tener muy en cuenta aspectos relacionados con la usabilidad y la accesibilidad en espacios web para este espectro de edades. Este espacio web ha sido otro de los proyectos destacados que ha servido para comprender el uso de diferentes técnicas de prototipado y evaluación como partes integrantes del modelo de proceso.

Caso 5: *Congreso i2004*

Palabras clave: Sitio web, diversidad de usuarios, accesibilidad, evento social, congreso científico.

Resumen: Gran parte de la comunidad hispano parlante interesada por los diferentes aspectos relacionados en la interacción entre las personas y los ordenadores estamos agrupados en la Asociación Interacción Persona-Ordenador, AIPO.

Una de las actividades regulares y con más trascendencia que organiza esta asociación es un congreso anual donde se exponen los avances científicos que cada grupo de investigación ha realizado durante el último año.

El año 2004 la Universitat de Lleida ha sido la encargada de organizar y albergar el evento; se ha realizado un enorme trabajo para innovar aspectos respecto a pasadas ediciones del congreso, destacando una nueva web interactiva que además de proporcionar toda la información necesaria sea capaz de gestionar el envío y la revisión de artículos a los investigadores que estén interesados. Como no podía ser de otra manera,

este sitio web se ha desarrollado priorizando los factores de su usabilidad, así como proporcionando un nivel lo más elevado posible de accesibilidad.

Caso 6: *Interacción, La Revista*

Palabras clave: Sitio web, diversidad de usuarios, accesibilidad, periodismo digital.

Resumen: Este caso está estrechamente relacionado con el anterior, pues se trata de una nueva iniciativa de la asociación AIPO que tiene como objetivo lanzar y mantener una revista interactiva en línea para que sirva de referente para todas las personas interesadas en la interacción entre personas y ordenadores y puedan encontrar artículos de calidad, herramientas, enlaces, etc.

El caso supone un ejemplo más de cómo aplicar la metodología de diseño de sistemas web centradas en el usuario permitiendo, por ejemplo, probar técnicas de evaluación de prototipos con participantes dispersos por todo el planeta.

La proximidad de lanzamiento de la revista con el evento del caso anterior (el congreso INTERACCIÓN 2004) y la temática de ambos se aprovecha la nueva imagen corporativa como estándar particular que define e identifica aspectos relacionados con el diseño gráfico de la misma.

Caso 7: *Diputació de Lleida*

Palabras clave: Sitio web, audiencia especializada, accesibilidad, organismo público, varios niveles de usuarios, estandarización de varias interfaces.

Resumen: El Gobierno de la comunidad autónoma de Cataluña divide la gestión de su territorio en zonas administrativas conocidas con el nombre de diputaciones, en las que cada una dispone de su sede o diputación (*diputació*). La Diputación de Lleida está especialmente sensibilizada por las nuevas tecnologías y como resultado de su propia evolución con el tiempo se encontraron con un sistema multiplataforma y sus respectivas interfaces, que son independientes y consecuentemente inconsistentes entres sí. Así decidieron emprender un nuevo proyecto para dar un primer paso hacia la usabilidad de las interfaces de su sistema para que sus empleados gozaran de un entorno con interfaces amigables, fáciles de utilizar, coherentes y adaptadas a sus modelos mentales con el fin de conseguir una mayor satisfacción y, por que no, una mayor productividad y eficiencia. Este proyecto supuso un nuevo reto a la hora de probar la metodología propuesta, pues no se trataba de un nuevo sistema a implementar ni una nueva versión de uno existente, sino que se trataba de realizar un esfuerzo para unificar criterios de usabilidad para crear un nuevo estándar corporativo para las actuales y futuras interfaces de la Diputació de Lleida.

Caso 8: *Vilars Realidad Aumentada (Vilars RA)*

Palabras clave: Yacimiento arqueológico, realidad aumentada, computación ubicua, gran diversidad de usuarios, accesibilidad, experimentación nuevas posibilidades interactivas.

Resumen: Vilars Realidad Aumentada es un proyecto que nace del trabajo conjunto de investigadores del ámbito de la Interacción Persona-Ordenador (GRIHO) y el grupo GIP (Grupo de Investigación Prehistórica) de arqueología también de la Universitat de Lleida.

La idea del proyecto surge como consecuencia de las limitaciones con las que se encuentra un visitante cuando realiza una visita a un yacimiento arqueológico, donde obtiene la información mediante paneles informativos, folletos o sistemas multimedia de reconstrucción virtual y, fuera del yacimiento, otros soportes como Internet, libros o revistas especializadas. Todo este sistema informativo no permite la asimilación de contenidos *in situ* por parte del visitante ni tampoco contempla su perfil, que varía en función de los conocimientos de los distintos visitantes. Por eso se ha planteado la creación de un nuevo modelo de visita capaz de presentar toda la información en un sistema interactivo que proporcione mayor precisión informativa, relacionada con los elementos arqueológicos que se van viendo en todo momento, y que, además, se adapte a las necesidades del visitante, garantizando así la plena satisfacción del mismo.

Este nuevo modelo de sistema interactivo es el paradigma de la Realidad Aumentada, aplicado, en este caso, al poblado ibérico descubierto en 1975 de "Els Vilars" (de ahí el nombre del proyecto).

Este caso representa un excelente ejemplo de implementación de un sistema interactivo que por utilizar un nuevo paradigma de interacción, la realidad aumentada ensancha las posibilidades de practicar técnicas de

prototipado y de evaluación con usuarios en contextos de más difícil experimentación que los paradigmas más comunes como la sobremesa o la web.

A finales del pasado 2003 el Ministerio de Ciencia y Tecnología aprobó una solicitud de ayuda en el Programa Nacional de Difusión y Divulgación Científica y Técnica correspondiente al Plan Nacional de I+D+I (2000-2003) para avanzar con este ambicioso proyecto.

Caso 9: La cafetería

Palabras clave: Proyecto universitario con finalidad docente, gran diversidad de usuarios, nuevos paradigmas interactivos, experimentación de varias técnicas del ámbito IPO.

Resumen: Este ejemplo se trata de un trabajo realizado como práctica por los alumnos de la asignatura Introducción a la IPO de Ingeniería de Informática de Gestión de la Universitat de Lleida y por los alumnos del máster en Ingeniería del Software de la Fundació Politècnica de Catalunya durante el curso 2002-03, cuyo enunciado era el siguiente:

Las cafeterías son establecimientos comerciales que disponen normalmente de una barra y de un conjunto de mesas donde se sirve a los clientes.

En este conjunto de mesas se sientan los clientes continuamente y no al mismo tiempo durante todo el día. Los clientes piden la consumición y en intervalos muy diferentes, debido a que algunos vienen a tomar algo, otros a conversar, a celebrar reuniones,... la duración del tiempo es irregular.

Los productos que pueden consumir los clientes son diversos: café, té, infusiones, bollería, bocadillos, refrescos, tapas, etc... La zona puede estar cubierta por más de una persona.

La dirección de la cafetería nos ha propuesto la realización de un sistema interactivo ubicuo que nos permita el control de esta zona del local.

Para comprender el diseño de sistemas centrado en el usuario, se propone al alumno:

- *Realización de unos primeros esbozos o bocetos de partes del futuro sistema interactivo.*
- *Realización de un prototipo en papel del futuro sistema interactivo.*
- *Realización de un storyboard del prototipo de papel.*
- *Realización de un prototipo software.*

Este ejemplo ha supuesto un verdadero trabajo en equipo que ha permitido experimentar múltiples vías de implementar diferentes prototipos y sus correspondientes evaluaciones.

Caso 10: *Portal de tienda on-line*

Palabras clave: Sitio web, comercio electrónico, industria, audiencia muy diversa.

Resumen: El comercio electrónico (*e-commerce*) es una actividad empresarial relativamente nueva que incluye las diferentes transacciones asociadas a la compra y venta en línea de bienes y servicios a través de Internet. Para aquellas empresas que disponen de un entorno de comercio “tradicional” realizar el salto de paradigma supone aventurarse a un reto y a un cambio de paradigma de difícil asimilación.

Este ejemplo supone un nuevo caso en el que una empresa tras fallar en el primer intento de implantar la venta en línea de sus productos se da cuenta de que el problema no está en la funcionalidad del sistema, sino en la manera de presentar dicha funcionalidad a sus clientes.

En este proyecto se aplicaron las técnicas tradicionales de la ingeniería de la usabilidad, siguiendo el modelo de proceso descrito para rediseñar la web y obtener así unos resultados totalmente satisfactorios.

Caso 11: *Comerciales de una empresa de prefabricados de hormigón*

Palabras clave: Industria, audiencia poco especializada en sistemas interactivos, nuevos paradigmas, multimedia.

Resumen: Este ejemplo supuso avanzar un paso más tras el proyecto Entorno de Recepción Ubicuo mencionado en el caso nº 2. Una vez implantado el sistema anteriormente descrito se divisaron nuevas posibilidades que permitían explotar la enorme base de datos multimedia constantemente actualizada que se estaba creando para utilizarla para otros fines.

La empresa apostó por empezar un nuevo proyecto con la finalidad de que sus comerciales aprovecharan la información generada por la otra aplicación para disponer de un extenso y actualizado catálogo multimedia que les facilite poder vender sus productos.

Este proyecto permitió comprobar, por ejemplo, cómo las técnicas de prototipado de baja fidelidad influyen positivamente en la vinculación de los usuarios finales y su implicación en el desarrollo de un proyecto.

Caso 12: *Sitio web del departamento de Servicios Personales de la Paeria de Lleida (Serveis Personals)*

Palabras clave: Sitio web, audiencia muy diversa, accesibilidad, organismo público, varios niveles de usuarios, servicios en línea.

Resumen: El departamento de Servicios Personales del Ayuntamiento de Lleida recientemente decidió modificar su sitio web teniendo entre sus objetivos primordiales facilitar el acceso a la administración pública a todos los ciudadanos, independientemente de diferencias o discapacidades, las 24 horas del día mediante Internet, así como facilitarles el uso de los recursos ofrecidos. Diseñar el nuevo espacio web accesible supone un adelanto de lo que en un futuro muy próximo realizarán todas las administraciones como resultado de la Ley 34/2002, del 11 de julio, de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, LSSICE que les obliga a adoptar medidas necesarias para que la información disponible sea accesible a personas con discapacidad y de edad avanzada. Este sitio web ha sido un perfecto banco de pruebas para testar tanto la usabilidad como la accesibilidad acorde a las pautas vigentes.

Caso 13: *Sitio web Lleida Solidària*

Palabras clave: Sitio web, audiencia muy diversa, Organización no Gubernamental, accesibilidad.

Resumen: La fundación Lleida Solidària es una organización no gubernamental impulsada por el Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Lleida que se define como libre, independiente y sin ánimo de lucro, y cuya principal finalidad es contribuir a la ayuda humanitaria para necesidades causadas por desastres naturales, conflictos sociales o falta de recursos a aquellas personas mediante acciones relacionadas con la construcción. La fundación, creada en el año 1994, cuenta ya con varios proyectos en Cataluña y en otras zonas del planeta y una cartera de nuevas acciones a desarrollar adolecía de no tener su espacio web que les permitiese comunicar sus acciones, así como de captar nuevos asociados que ayuden a la financiación de dichas obras. Este proyecto ha sido un caso más para probar la metodología propuesta, además de ayudar a contribuir a la causa justa y humanitaria de la fundación.

Caso 14: *Sistema de Comunicación Aumentativo y Alternativo*

Palabras clave: Audiencia muy determinada, discapacidad físico-cognitiva, accesibilidad, nuevos paradigmas, lenguaje pictográfico.

Resumen: Este proyecto, cuyo título completo es *Diseño y implementación de un sistema aumentativo y alternativo para la comunicación de personas con discapacidad cognitiva*, supone el caso donde la accesibilidad se ha aplicado de manera más focalizada, pues se trata de un sistema en el que tenemos un usuario joven que por culpa de un accidente padece de una discapacidad cognitiva que determina su actividad diaria y la de sus familiares y amigos más directos.

El proyecto (que ha contado con una implicación familiar muy importante) trata de mejorar la calidad de vida de dicha persona proporcionándole un

sistema basado en nuevas tecnologías para mejorar la conversación con las demás personas.

Este ejemplo es especialmente singular, puesto que combina perfectamente los objetivos funcionales con los de la accesibilidad y la usabilidad del sistema para conseguir que realmente sea efectivo.

Caso 15: *Seinsa*

Palabras clave: Proyecto universitario con finalidad docente, gran diversidad de usuarios, nuevos paradigmas interactivos, experimentación de varias técnicas del ámbito IPO.

Este proyecto es otro de los que corresponden a ejercicios realizados en el marco de la docencia universitaria, en el que conjuntos diversos de alumnos organizados en grupos de trabajo realizan una práctica entera para llegar a un elevado nivel de comprensión de las técnicas de la Interacción Persona-Ordenador que hacen posible el diseño de sistemas centrados en los usuarios.

Esta práctica supone un buen ejemplo de aplicar estas técnicas al diseño de sistemas interactivos bajo el paradigma de la computación ubicua. El enunciado de dicha práctica es el siguiente:

La recogida selectiva de basuras es una actividad cada vez más necesaria en las ciudades si queremos evitar los problemas medioambientales de los depósitos de basuras.

Una actividad importante es la de obtener información de la recogida de estas basuras para poder disponer de ella y optimizar el sistema.

La recogida se realiza normalmente de pie y en movimiento.

Proponemos el diseño de un sistema interactivo que utilice un dispositivo portable para facilitar la obtención de información para un tratamiento y análisis posterior de la recogida de basuras selectivas del término municipal de Lleida.

Este trabajo de recogida es realizado por operarios en camiones que recogen diferentes tipos de basuras y se recoge en unas horas determinadas.

Estos operarios en el momento de comenzar su trabajo reciben una planificación del trabajo a realizar y en que vehículo lo van a realizar.

Posteriormente estos datos se analizarán para obtener un modelo del comportamiento del rendimiento de cada equipo de recogida, producción diaria, mensual y estacional de las basuras.

Toda la tarea de recogida de basuras depende del departamento de medio ambiente de la que Seinsa es una

concesionaria del servicio.

Requisitos mínimos a realizar

- *Realización de una observación de campo o evaluación etnográfica.(optativa)*
- *Diseño de un storyboard del escenario de tareas (actual)*
- *Estudio de los posibles dispositivos de interacción a utilizar (optativo)*
- *Realización de un prototipo del futuro sistema interactivo en papel.*
- *Puesta en escena de un escenario y/o grabación del escenario en vídeo*
- *Análisis de tareas (jerárquico) y diseño del diálogo (diagrama de estados)*
- *Realizar una evaluación mediante el método del recorrido cognitivo*
- *Diseño de un prototipo (programación)*
- *Evaluación por medidas de rendimiento del prototipo.*

Caso 16: *culturanocturna.com*

Palabras clave: Sitio web, audiencia concreta y diversa, ocio nocturno en Internet.

Resumen: La creación de un sitio web de tipo portal desde el que, por una parte, pueda ofrecerse información y servicios relacionados con los intereses específicos de la escena musical electrónica y, por otra, permitirse a los miembros de edición de contenido que puedan actualizar dinámicamente el sitio web y desempeñar su trabajo desde cualquier parte ha sido otro de los proyectos emblemáticos en los que se ha experimentado fuertemente el modelo de proceso, dando un peso específico muy elevado a los usuarios como integrantes del proceso de desarrollo.

Este ejemplo supone un caso más de extensa experimentación en el que el énfasis en la web, en la diversidad de usuarios y en la aplicación estricta de las tecnologías relacionadas con la IPO y la Ingeniería del Software ha caracterizado el desarrollo del proyecto.

Caso 17: *Nuevo sistema interactivo para una recepción de hotel*

Palabras clave: Proyecto universitario con finalidad docente, gran diversidad de usuarios, nuevos paradigmas interactivos, experimentación de varias técnicas del ámbito IPO.

El curso 2002–03 en el máster de la Ingeniería del Software, que en modalidad semipresencial se imparte anualmente en la Fundació Politècnica de Catalunya, se impartió por primera vez la asignatura Diseño de

Interfaces de Usuario, en la que el alumno se introduce en la disciplina de la Interacción Persona-Ordenador y conoce las principales técnicas que permiten diseñar interfaces fáciles de utilizar. Para la realización de la práctica, los alumnos siguieron el modelo de proceso presentado en esta tesis cuyo enunciado era el siguiente:

El problema del cliente habitual en el check-in -out de un hotel.

Actualmente existen muchos profesionales o personas a las que les gusta viajar, que utilizan normalmente una determinada cadena de hoteles.

Sucede a veces que en un día de mucha afluencia de personas en la recepción del hotel se producen colas en el momento de registrarse y en el momento de finalizar la estancia en el hotel y abonar el importe (check-out), por lo que el cliente habitual puede sentirse molesto y poco favorecido por la cadena y, por otra parte, si se establecen prioridades los clientes esporádicos pueden protestar.

La dirección de la cadena nos plantea el diseño de un sistema interactivo avanzado basado en dispositivos oblicuos o de realidad aumentada u otras alternativas para realizar el registro de entrada y salida (check-in-out) en un hotel para los clientes habituales que normalmente disponen de sus datos generales y preferencias en los sistemas de información del hotel. Este sistema también podría ser utilizado en el bar del hotel para abonar las consumiciones.

Las siguientes pautas servirán de guía para realizar el trabajo:

- *Realización de una observación de campo o evaluación etnográfica.*
- *Diseño de un storyboard de los escenarios donde se realiza la acción actual y futuro.*
- *Estudio de los posibles dispositivos de interacción a utilizar.*
- *Realización de un prototipo en papel del futuro sistema interactivo.*
- *Realizar una evaluación mediante el método de pensar en voz alta.*
- *Análisis Jerárquico de Tareas (HTA).*
- *Diseño del diálogo (diagrama de estados).*
- *Diseño de un prototipo software horizontal.*
- *Realizar una evaluación por recorrido cognitivo.*
- *Realizar una evaluación tipo test de medida de prestaciones.*

Este ejemplo, igual que el anteriormente presentado de la cafetería, ha supuesto un verdadero trabajo en equipo experimentando además los

problemas de la separación espacial al tratarse de un curso semipresencial.

La siguiente tabla enumera de nuevo los casos anteriores con la finalidad de resumir las principales características de cada uno de ellos:

Caso		Docencia	Industria	Investigación	Web	Nuevos paradigmas	A destacar
1	Payper		X	X			Entorno industrial
2	Entorno recepción U.			X	X	X	Nuevos paradigmas interactivos
3	CEL		X	X	X	X	Diversidad de usuarios
4	Infants		X	X	X	X	Usuarios muy jóvenes
5	I2004		X	X	X	X	Web congreso científico
6	Revista			X	X	X	Periodismo digital web
7	Diputació		X	X			Estandarización de varias interfaces
8	Vilars			X			Realidad Aumentada
9	Cafetería	X		X			Nuevos paradigmas interactivos
10	Tienda <i>on-line</i>		X	X	X	X	Comercio electrónico
11	Comerciales prefabr.		X	X			Usuarios poco habituados
12	Servicios Personales		X	X	X	X	Accesibilidad
13	Lleida Solidària			X	X	X	Solidaridad
14	Com. Aumentativa			X			Accesibilidad físico-cognitiva
15	Seinsa	X	X	X		X	Nuevos paradigmas interactivos
16	culturanocturna			X	X		Ocio nocturno en Internet
17	Recepción hotel	X		X			Nuevos paradigmas interactivos

Tabla c1_1: Relación de los casos que utiliza la tesis para validar la metodología propuesta y de los que proceden todos los ejemplos que durante la misma se presentan

Las características de la tabla anterior ayudan a comprender el tratamiento distinto que se ha realizado en la aplicación de algunas de las técnicas utilizadas, e incluso del grado de finalización de los diferentes proyectos. Por ejemplo, en las aplicaciones de carácter docente habitualmente se finaliza en la fase de inicio de la codificación, puesto que, precisamente al ser de carácter docente, se incide en la metodología del diseño centrado en el usuario con la finalidad de que el alumno con altos conocimientos en Ingeniería del Software consolide los conceptos de la Ingeniería de la Usabilidad desde la óptica de la Interacción Persona-Ordenador y del Diseño Centrado en el Usuario hasta el punto de empezar la codificación (enmarcada en otras asignaturas de los diferentes planes de estudio²).

Contrariamente, las aplicaciones industriales responden a encargos realizados por diferentes empresas o entidades que deben realizarse según unos plazos y unos presupuestos previamente establecidos.

A lo largo de la tesis constantemente se muestran ejemplos y referencias procedentes de los casos reales previamente enumerados. Para facilitar su identificación, el lector encontrará dichos ejemplos y referencias en párrafos claramente distinguibles del resto mediante la utilización de una fuente de letra de menor tamaño y con un fondo ligeramente gris como el párrafo actual.

6. Clasificación de la tesis

La tesis presentada en este documento se enmarca en un contexto de creciente interés en los últimos años, como es la disciplina de la Interacción Persona-Ordenador, interés que nace desde hace mucho tiempo en países como Estados Unidos o países del norte y centro de Europa, mientras que en el nuestro este interés es más reciente. Aun así, el nivel alcanzado hoy en día puede considerarse bueno o incluso muy bueno. En este aspecto tiene un papel importante el trabajo realizado desde la Asociación Interacción Persona-ordenador (AIPO), que con cinco años de historia ha promovido la investigación científica de la disciplina facilitando que muchos trabajos de investigadores y profesionales de nuestro país dispongan de destacadas consideraciones, tanto en congresos de ámbito internacional como en publicaciones del más alto nivel y también en proyectos de investigación con financiación de fondos públicos de distintos ámbitos.

² La metodología se ha preparado y se está enseñando en tres universidades catalanas: Universitat de Lleida, Fundació Politècnica de Catalunya y Universitat Oberta de Catalunya.

No podemos olvidar que los actuales sistemas interactivos son implementados por equipos de desarrollo que siguen los métodos de la Ingeniería del Software y, por tanto, este es uno de los principales pilares del trabajo de investigación. En este sentido, la investigación se enmarca en un conjunto de trabajos relacionados de investigadores de diversos países, cuya finalidad principal es la integración de las metodologías de la Interacción Persona-Ordenador con la Ingeniería del Software.

La investigación realizada supone un verdadero esfuerzo en probar sistemáticamente el número más amplio posible de técnicas relacionadas con la disciplina para realizar diseños de sistemas interactivos centrados en sus usuarios aplicadas a un número también elevado de casos reales con la finalidad de conocer de primera mano el verdadero alcance y las posibilidades de cada técnica en diferentes paradigmas de interacción³.

También es necesario indicar la importancia de contar con personas procedentes de disciplinas diferentes a las habituales en el desarrollo software. En este sentido, destacamos la novedad de haber realizado un verdadero trabajo interdisciplinar que ha permitido comprobar las virtudes y defectos de esta tipología de equipos de desarrollo software. El trabajo realizado en este aspecto supone en sí mismo una experiencia experimental (y de satisfacción personal) con entidad propia que es tratada en un capítulo del documento.

Para finalizar, la tesis defiende la teoría de que *actualmente disponemos de más tecnología de la que realmente somos capaces de asimilar*, mientras se olvida que tras esta tecnología hay una serie de personas cuyo único objetivo es beneficiarse de la misma para mejorar su calidad de vida y no para aumentar su nivel de inseguridad y de duda. Paradójicamente, cada día se invierte más en mejorar la tecnología existente o en inventar nuevas posibilidades para dejar en obsoleta la que hoy es puntera y no se invierte en como esta tecnología debe presentarse a las personas. Sirva el siguiente ejemplo para ilustrar esta característica:

“Cuando la NASA inició la carrera espacial y el lanzamiento de astronautas al espacio, descubrieron que las bolígrafos no funcionaban con gravedad cero. Con algo tenían que escribir, de alguna manera tenían que tomar sus más que importantes notas de todos los experimentos que se estaban planificando.

Para resolver este enorme problema, la NASA contrató a la compañía Andersen

³ Sin tener la completa certeza de ello, me atrevería a indicar que el esfuerzo mencionado para aplicar las técnicas relacionadas a un abanico tan amplio de casos reales no tiene precedentes.

Consulting (actualmente Accenture) quienes tras invertir unos 12 millones de dólares y una década de tiempo resolvieron el problema: consiguieron desarrollar un bolígrafo que escribe con gravedad cero, de cabeza para abajo, de punta para arriba, debajo del agua, en prácticamente cualquier superficie, incluyendo cristal, y en variaciones de 0 a 150 grados Celsius...

...durante todo este tiempo los cosmonautas rusos utilizaron un lápiz.”

Aunque hay quien asegura que el ejemplo es tan sólo “una leyenda” que carece de veracidad, es muy ilustrativo para reflexionar sobre la necesidad de explorar las posibilidades de las tecnologías existentes para utilizarlas adecuadamente antes de invertir en otras de nuevas.

7. Estructura del documento

El documento está dividido en un total de *6 capítulos* y de *3 anexos* complementarios que se estructuran de la siguiente forma:

El **Capítulo 1** está dedicado a la introducción de la tesis mostrando una evolución desde la motivación de la misma, los principales objetivos y los primeros destellos de la solución con sus principales aportaciones.

El **Capítulo 2** está enteramente dedicado a la revisión del estado de la cuestión que muestra el trabajo directamente relacionado con la tesis presentada.

El **Capítulo 3** se centra en entender todas las cuestiones relacionadas con la interfaz del usuario y todos los diferentes aspectos que se necesitan conocer para ser capaces de diseñar interfaces pensadas para ser utilizadas por usuarios reales.

El **Capítulo 4** constituye una de las principales aportaciones de esta tesis, en el que se presenta una visión de las diferentes disciplinas con las que se ha investigado cómo vertebrar la integración de las mismas para la constitución de equipos multidisciplinares de desarrollo de sistemas software.

El **Capítulo 5** constituye el núcleo de la tesis y consecuentemente es el más extenso. En él se describe la metodología de desarrollo propuesta, sus principales características y fases, su aplicación en el paradigma web, la metodología de validación utilizada y la particular forma de medición de la usabilidad a partir de las actividades

realizadas tras la utilización de la metodología explicada.

El **Capítulo 6** está dedicado a explicar las principales conclusiones del trabajo presentado y cuales son las principales líneas futuras de investigación que del mismo se derivan.

En cuanto a los **anexos**, en el **primero** encontramos información complementaria sobre la accesibilidad de los sistemas interactivos: Principios básicos, legislación nacional e internacional y documentos y planes nacionales actuales relacionados con la accesibilidad.

En el **segundo anexo** se detallan algunos de los proyectos más destacados con los que se ha validado y mejorado la metodología expuesta en el capítulo anterior. En cada uno de ellos se explica cómo se ha procedido para su desarrollo para comprender la utilización del modelo de proceso y sus principales beneficios.

Y el **tercero** explica el estudio realizado para las conclusiones derivadas de aplicar el nuevo concepto del cálculo del Esfuerzo de la Usabilidad explicado en el Capítulo 5 a los diferentes casos reales referenciados a lo largo de la tesis.

Capítulo 2

TRABAJO RELACIONADO

Este trabajo de investigación no puede comprenderse si se desconoce el contexto bajo el cual esta cimentado, por ello en este capítulo se muestra el conjunto de trabajos y temas relacionados que permiten entender las bases que han influido en la investigación, así como para conocer líneas de investigaciones paralelas o complementarias que otros equipos están llevando a cabo.

Aparecen en este capítulo términos como la usabilidad o la accesibilidad de los sistemas interactivos que serán tratados en profundidad en el capítulo siguiente. Ello es así porque se supone que el lector tiene, a lo sumo, unos conocimientos básicos de estos temas y con ello será suficiente para esta visión del estado del arte actual.

Los temas referenciados en este capítulo abarcan las Ingenierías de la Usabilidad y la del Software con una enumeración de sus principales métodos y actividades o la calidad del software desde la óptica más pura del concepto calidad, como es la que aportan los estándares ISO.

La visión del paradigma web como reflejo del fenómeno Internet a nivel mundial sólo comparable a las revoluciones industriales de los siglos XVIII y XIX, no puede dejarse de lado y será tratado desde una óptica propia como nuevo paradigma de interacción y de la Arquitectura de la Información tal que punto clave del mismo.

La Ingeniería de los Requisitos también se tratará principalmente desde la óptica de que estos requisitos se centren en los usuarios de los sistemas más que en las funcionalidades y/o tareas de los mismos; aspecto sumamente importante para el trabajo presentado.

Asimismo, se relacionará la importancia de tratar a todas las personas por igual, desarrollando sistemas a los que puedan acceder todas las personas independientemente de sus necesidades, situaciones y, sobre todo, de sus limitaciones físicas y/o cognitivas.

8. Ingeniería de la Usabilidad

El término de Ingeniería de la Usabilidad⁴ (IU) fue introducido por primera vez por profesionales de usabilidad de *Digital Equipment Corporation* [ROS02, pág. 14][GOO86], que usaron este término para referirse a los conceptos y técnicas para planificar, conseguir y verificar objetivos de la usabilidad de sistema.

Se trata, en realidad, de una disciplina que proporciona métodos estructurados para conseguir la usabilidad en el diseño de la interfaz del usuario⁵ durante el desarrollo de un producto software [MAY99], cuya principal idea es que los objetivos “medibles” de usabilidad deben ser definidos pronto en el desarrollo del software y después evaluarlos repetidamente durante el desarrollo para asegurar que se han conseguido [BEN84][GIL84].

Las actividades de los ingenieros de la usabilidad inicialmente se centraron en el diseño de la interfaz, aunque cada vez estas actividades han abarcado más aspectos relacionados, como por ejemplo la gestión de las actividades del desarrollo de los sistemas software, particularmente en el análisis de requisitos.

8.1. Modelos de la IU existentes

Varios son los modelos que se han propuesto para poder implementar aplicaciones y proyectos software con la usabilidad de los mismos como meta principal. A continuación, se presentan aquellos que consideramos más relevantes y que han servido de referencia importante para este trabajo.

8.1.1. NIELSEN (1993)

Jakob NIELSEN fue quien introdujo el término de la usabilidad (o como mínimo fue quien lo difundió masivamente y supo “comercializarlo” mejor) al mundo de las aplicaciones interactivas, y como era de esperar fue el primero en proponer una metodología para el

⁴ La usabilidad de los sistemas interactivos es un tema de mucha actualidad que, de manera muy resumida, hace referencia a la facilidad de uso de un determinado sistema, cuyo concepto y técnicas que le hacen referencia constituyen uno de los puntos centrales de este trabajo de investigación que serán extensamente tratados en el siguiente capítulo.

⁵ La interfaz del usuario y todos los aspectos con ella relacionados también se tratan en el siguiente capítulo, cuyo título es precisamente *La interfaz de usuario*.

desarrollo de aplicaciones usables.

En la siguiente figura, podemos observar el ciclo de vida de la Ingeniería de la Usabilidad que propone:

- 1.- Conocer el usuario
 - a.- Características individuales
 - b.- Tareas actuales del usuario (y las que desea)
 - c.- Análisis funcional
 - d.- La evolución del usuario y del trabajo
- 2.- Análisis de la competencia
- 3.- Establecer los objetivos de la usabilidad
 - a.- Análisis de impacto financiero
- 4.- Diseño paralelo
- 5.- Diseño participativo
- 6.- Diseño coordinado de la interfaz global
- 7.- Aplicar guías de estilo y análisis heurístico
- 8.- Prototipado
- 9.- Pruebas empíricas
- 10.- Diseño iterativo
 - a.- Captar el diseño racional
- 11.- Coleccionar "feedback" de trabajos de campo

Figura c2_1: Etapas del modelo de la Ingeniería de la Usabilidad de Nielsen

A nuestro modo de entender, el modelo definido por NIELSEN, más que una metodología supone la primera enumeración de las actividades necesarias para ser capaces de desarrollar sistemas interactivos con la componente usabilidad (y consecuentemente los usuarios) en el centro del problema.

La parte de la evaluación del sistema recoge una gran diversidad de métodos, pero se respalda especialmente en el método conocido como "evaluación heurística", que veremos en detalle en el .

8.1.2.El modelo DUTCH

El método o modelo DUTCH, *Designig for Users and Tasks from Concepts to Handles*, fue desarrollado por el grupo de investigadores de la sección de Gestión de la Información y Ingeniería del Software de la Universidad de Vrije (Amsterdam), liderada por el Dr. Gerrit van der VEER [VEE96].

Sus autores lo definen como un método de diseño de sistemas interactivos, cuya base es el desarrollo de prototipos incrementales que conducen gradualmente a la implementación del sistema final; el prototipo realizado en un ciclo es considerado como una nueva visión del sistema y, tras su evaluación, se convierte en el punto de partida del siguiente ciclo [MAR91].

A pesar de que no lo definen propiamente como un modelo de proceso de la Ingeniería de la Usabilidad, una vez analizado creemos que puede formar parte de este grupo de metodologías. Además, por su simplicidad y claridad de concepto fue uno de los modelos en los que nos basamos cuando iniciamos nuestra andadura en el terreno de la investigación de la usabilidad de los sistemas software.

Este modelo da mucha importancia a disponer en los equipos de desarrollo de personas provenientes de las disciplinas provenientes del campo de las humanidades, de varias ingenierías y del diseño gráfico.

El método comienza analizando a los usuarios y las tareas que éstos realizan en una situación actual (si ésta existe), analizando futuros usos y usuarios, involucrando a estos usuarios, a los implicados en el sistema a diseñar, así como a los clientes receptores de dicho diseño.

Intenta modelar entornos complejos donde personas diversas interactúan con sistemas interactivos, considerando necesarios tres puntos de vista para modelar el marco de trabajo de cualquier aplicación: Las *personas* (usuarios y grupos de usuarios), el *trabajo* y la *situación*. Las actividades de estos tres puntos de vista se estructuran en dos categorías de modelos: El Modelo de Tareas 1 (MT1) y el Modelo de Tareas 2 (MT2).

El MT1 representa el modelado de las tareas de la “situación actual” (entendiendo que la situación actual es distinta para cada nuevo ciclo) y engloba la estructura organizativa actual, incluyendo los objetos y las tecnologías utilizadas y disponibles.

Por su parte, el MT2 modela el dominio de tareas correspondiente a una “situación futura” en la que se incluyen los cambios en la organización de estructura personal y los nuevos procedimientos a seguir para el sistema a desarrollar.

La relación entre el MT1 y el MT2 refleja “el cambio” que supone implementar el nuevo sistema.

El sistema de información especificado en detalle como consecuencia del MT2 es denominado Máquina Virtual del Usuario (MVU —*User's Virtual Machine, UVM*), que expresa todos los aspectos del sistema que el usuario debe tener presente durante la interacción.

La MVU debe ser modelada teniendo en cuenta todos los detalles relevantes para el usuario, incluyendo la tecnología de la cooperación y las características relevantes de la estructura del sistema. En esta perspectiva debe especificarse la *funcionalidad*, utilizando para ello el lenguaje de modelado semántico propuesto por MORAN en [MOR81a] o la estructura de objetos y la estructura básica de tareas del modelo ETAG⁶ [TAU90].

Además de la funcionalidad de la MVU, se necesita especificar la interacción entre los usuarios y el sistema en ambas direcciones de comunicación. Esta interacción se modela por una parte mediante el *diálogo*, que constituye la “interfaz lingüística” que modela el lenguaje mediante el cual el usuario por sí mismo expresa el sistema, el estilo de diálogo y la *presentación*, o mejor dicho, la interfaz de la presentación, que modela las acciones del sistema y la representación de información relevante para el usuario.

Estos tres tipos de decisiones de diseño resultantes, en los que cada uno es un modelo diferente, obviamente están fuertemente relacionados con sus consecuencias en cuanto al usuario, de ahí que la actividad que *mantiene la consistencia* entre ambas constituye una actividad de vital importancia en la especificación final de la MVU.

La utilización de alguna clase de escenario o prototipo será a menudo la mejor manera de confrontar al usuario final con la solución propuesta. Un escenario permite representar el nuevo modelo de tareas previsto para situaciones futuras de uso. Un prototipo permite experimentar con los elementos seleccionados de los diferentes modelos que se desarrollan en el ámbito de la MVU. De ahí que las actividades de simulación que permiten evaluaciones en etapas muy iniciales —como por ejemplo escenarios y prototipos— deben explicitarse por separado.

El esquema de la figura c2_2 ilustra el modelo DUTCH en el que pueden observarse las fases comentadas anteriormente y de dónde vienen los *inputs* de las mismas.

⁶ ETAG es el acrónimo de *Extended Task Action Grammar* y muy resumidamente hace referencia a un lenguaje para la descripción del lenguaje que los usuarios utilizan durante la consecución de sus tareas.

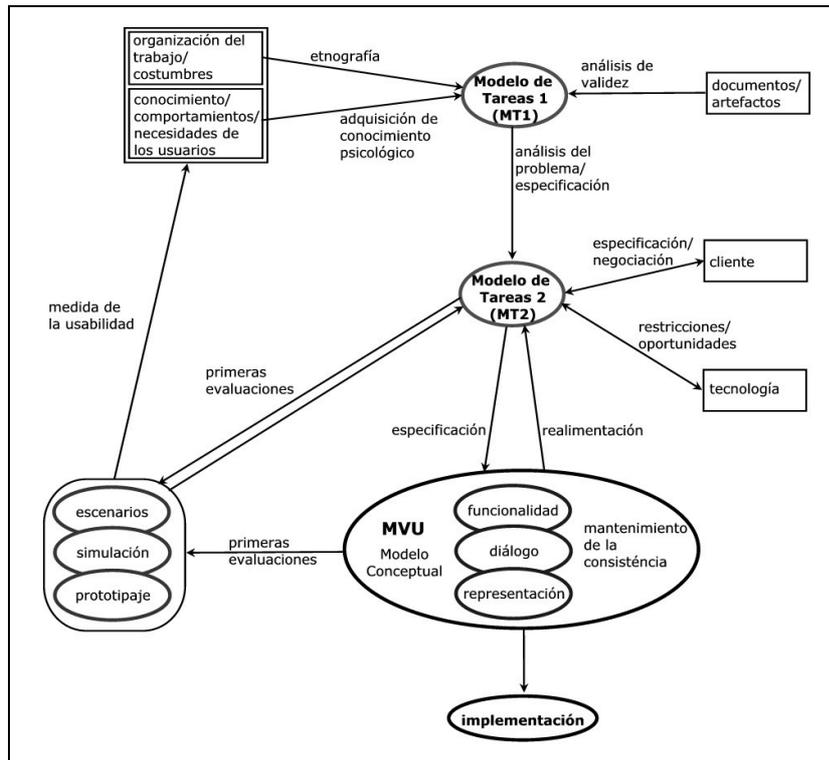


Figura c2_2: Esquema del modelo de Ingeniería de la Usabilidad DUTCH

Una de las principales características de este modelo es que permite realizar tantas “vueltas” al modelo como el proyecto crea necesario (iteratividad), y otra peculiaridad es que a medida que se va circulando por el modelo suele pasar que el MT2 de una determinada etapa o vuela (i) pasa a ser el MT1 en la etapa siguiente (i+1), produciéndose una realimentación constante —y a veces confusa.

8.1.3.El ciclo de vida de la Ingeniería de la Usabilidad

El grupo de investigación, liderado por la investigadora de reconocido prestigio D.J. MAYHEW, detalló un modelo de proceso para la Ingeniería de la Usabilidad en el libro que lleva por nombre *The Usability Engineering Lifecycle: a practitioner's Handbook for User Interface Design* [MAY99].

La metodología de este modelo de proceso, esquematizada en el esquema de la figura c2_3, representa una aproximación para conseguir el diseño de sistemas usables.

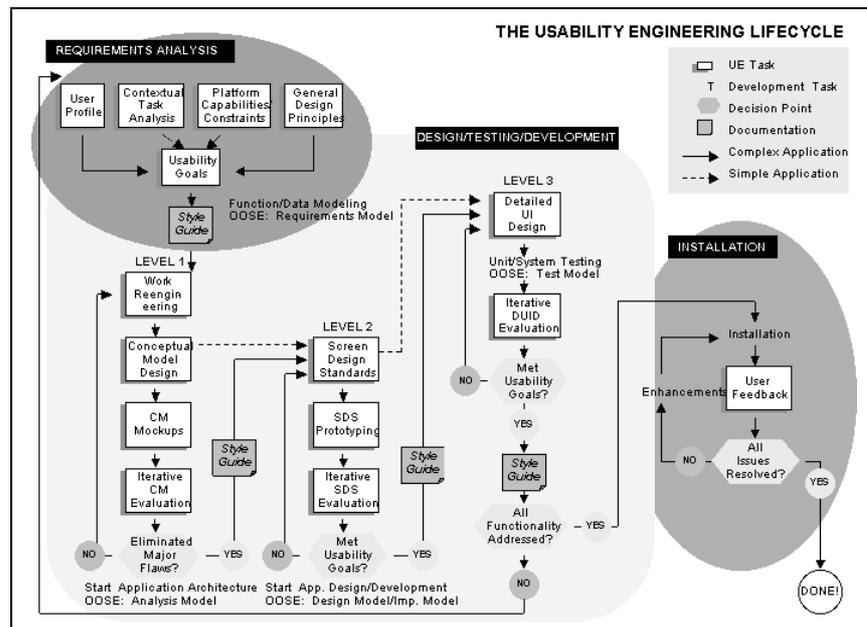


Figura c2_3: Esquema del ciclo de vida de la Ingeniería de la Usabilidad de D.J. Mayhew

Ese marco de trabajo distingue tres fases de desarrollo principales que son: (1ª) la fase del análisis de requisitos, (2ª) la fase del diseño, prueba y desarrollo y (3ª) la fase de la instalación.

La segunda fase está a su vez dividida en tres subfases o niveles, que son el diseño del modelo conceptual, el diseño de la pantalla y el diseño detallado de la interfaz de usuario, teniendo las técnicas de prototipado y de evaluación “integradas” dentro de cada una de ellas.

Todas las fases, excepto el análisis de requisitos, incluyen actividades de valoración final que formalizan la iteración al modelo. Una vez se alcanza el final de cada fase (o subfase), se formula una pregunta para analizar la consecución o no del objetivo propuesto en la correspondiente fase y sólo está permitido pasar a la próxima fase si la respuesta a dicha pregunta es verdadera.

Las tres columnas centrales, correspondientes a las fases o niveles del diseño (diseño del modelo conceptual, diseño de la pantalla y el diseño detallado de la interfaz del usuario), incluyen además una valoración combinada acerca de la consecución o no de la funcionalidad del sistema. Si esta valoración no se satisface el proceso retorna a la fase de análisis de requisitos.

Cada una de las etapas tiene una serie de “salidas” en forma de

documentos que aglutinan el resultado final de la fase. Así, del análisis de requisitos se obtiene una lista con los objetivos de la usabilidad aplicados al sistema a desarrollar y la primera versión de la guía del estilo a seguir, guía de estilo que será modificada o ampliada al final de los niveles 1 y 2 de la parte de diseño, prueba y desarrollo.

La filosofía general del ciclo de vida, según la propia autora, se sostiene sobre los siguientes principios:

- El diseño de la interfaz del usuario es un punto clave.
- La integración de la Ingeniería del Software con la de la Usabilidad debe ser adaptada (“hecha a medida”).
- El esfuerzo realizado durante el análisis de requisitos es enteramente compensado en el producto final.
- El diseño puede conseguirse siguiendo un proceso de arriba hacia abajo (*top-down*) estructurado.
- El diseño, la prueba y el desarrollo deben realizarse iterativamente.
- El ciclo de vida completo puede conseguirse a través de subconjuntos de funcionalidades.
- Existe una amplia variedad de técnicas para llevar a cabo cada tarea del ciclo de vida.
- El uso de técnicas alternativas hacen el ciclo de vida flexible y adaptable.
- La implementación óptima del ciclo de vida requiere la completa participación de equipos polifuncionales (interdisciplinarios).

8.1.4.Desarrollo basado en escenarios

Este método de la Ingeniería de la Usabilidad descrito y recogido en el libro *Usability Engineering: scenario-based development of human-computer interaction* [ROS02a] (propuesto por dos autores de contrastado prestigio en el mundo de la interacción persona-ordenador como son M.B. ROSSON y J.M. CARROLL) se centra en la realidad del desarrollo de un sistema software —con un caso real como ejemplo que sirve de hilo conductor para el seguimiento del método— para mostrar el uso de los escenarios⁷ como base metodológica describiendo cómo interaccionan las personas cuando utilizan sistemas software interactivos y utilizar esta experiencia para hacer de la usabilidad una práctica integrada en el desarrollo de un sistema interactivo.

⁷ La técnica de los escenarios es una de las técnicas de prototipado más utilizadas, que será definida y ampliamente descrita en el .

El método, reflejado en la figura c2_4, se basa en un modelo en el que no existen reglas inflexibles con el análisis, el prototipado y la resolución de problemas en base a la evaluación y la toma de decisiones razonables como base para maximizar el valor del producto final. La técnica del desarrollo de escenarios es la clave del método, siendo éstos utilizados para la representación de todas las etapas del análisis y del diseño del uso.

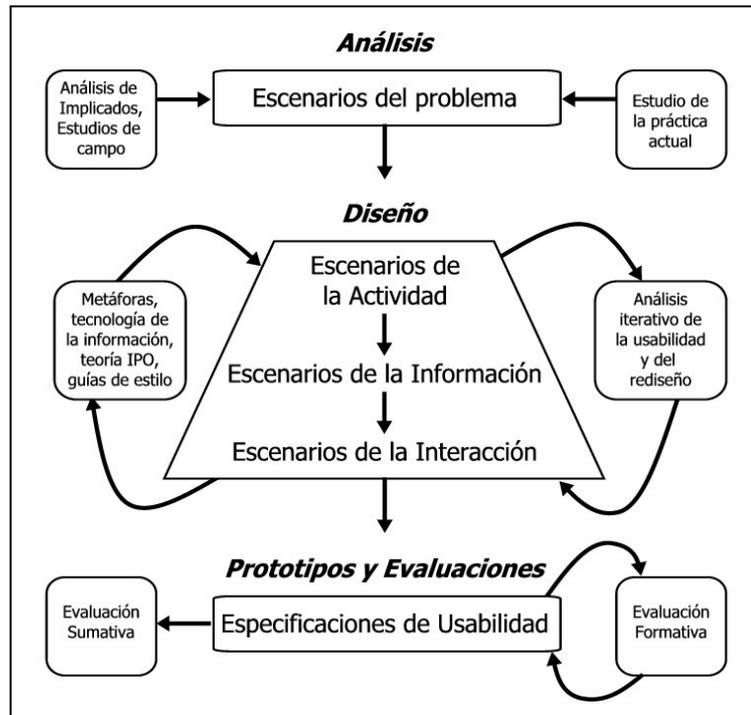


Figura c2_4: Esquema-resumen del marco de trabajo del Modelo de Ingeniería de la Usabilidad basado en el desarrollo de escenarios

Aunque pueda parecerlo, el diagrama no debe entenderse a modo de “cascada”, puesto que en cada paso del proceso los escenarios son analizados y transformados para dar apoyo a los diferentes objetivos del desarrollo. La idea es que todas las actividades se realicen de una manera iterativa e intercalada.

En la **fase de análisis**, la sucesiva transformación de los diferentes escenarios que se realizan facilita la reflexión y discusión. En esta fase, escribir una determinada situación de forma descriptiva ayuda a aflorar cuestiones acerca de otras situaciones relativas al escenario descrito.

En este modelo se prioriza el análisis crítico de los escenarios que

sucesivamente se van desarrollando y mejorando para inspeccionar todas las características importantes de las situaciones representadas y el impacto de éstas en las experiencias personales de quienes utilizarán dichos sistemas. En el análisis de requisitos estas características corresponden a elementos de la situación actual, y en el momento en el que el escenario pasa de la fase de análisis a la de diseño éste muestra características de la nueva solución propuesta. Las críticas de los escenarios se relacionan con la noción general de aspectos en el diseño, en el que se analizan tanto el impacto positivo como el negativo del sistema para mejorar su usabilidad.

La **fase del diseño** está dividida en tres subpartes o subfases:

- Primero, los desarrolladores prevén la nueva situación con **escenarios representando la actividad** que permiten entrever o imaginar cómo será la situación en el futuro.
- En segundo lugar, el equipo realiza los **escenarios de la información**, que no son más que los escenarios de la subfase anterior con detalles acerca de la información que el sistema proporcionará a los usuarios.
- Y en tercer lugar, se desarrollan los **escenarios de la interacción**, que describen los detalles de las acciones que el sistema ofrece y la realimentación de las personas que las realizan. Cada uno de estos escenarios describe completamente a estas personas, las tareas soportadas por el sistema, la información necesaria para completar cada una de estas tareas, las acciones que las personas realizan para interactuar con la información de la tarea y las respuestas que el sistema les proporciona en cada una de estas acciones o tareas.

Igual que pasaba con el análisis de requisitos, la discusión y la reflexión promovida por los escenarios facilita el diseño final.

La **fase de prototipado y evaluación** aunque, de nuevo, el esquema expresa un sentido lineal de la acción, debe implementarse durante todo el proceso. En cuanto a los prototipos, se basa únicamente en la producción de escenarios como técnica única y factible para representarlo todo, mientras que en cuanto a la evaluación distingue entre la *evaluación formativa* [BAI02], que es desarrollada principalmente para guiar el rediseño, y la *evaluación aditiva*⁸, que sirve como función de verificación del sistema.

⁸ Ver el apartado en el .

8.1.5. Modelo de Proceso de Usabilidad Pervasiva

El Modelo de Proceso de la Usabilidad Pervasiva (figura c2_5), documentado y detallado en un libro [BRI02] de reciente edición (2002), está totalmente enfocado al desarrollo de aplicaciones interactivas en la web, no obstante, lo tendremos en cuenta debido al impacto actual de este paradigma.

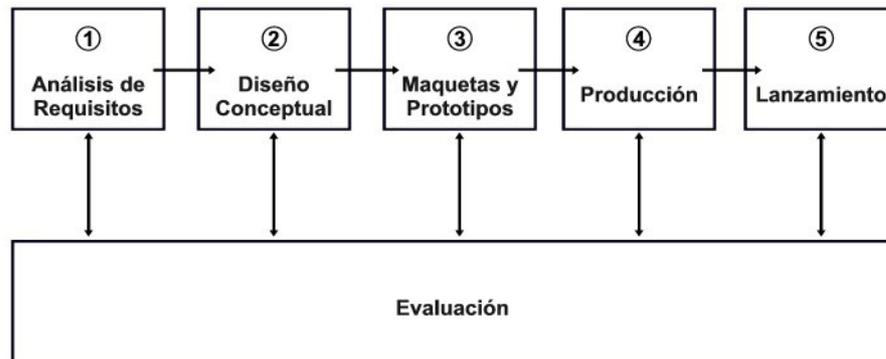


Figura c2_5: Modelo de Proceso de Usabilidad Pervasiva

La evaluación aparece debajo y separadamente para indicar que pueden aplicarse tipos similares de evaluación durante las diferentes etapas del diseño. Esta evaluación incluye evaluar los objetivos de la usabilidad y constituye una garantía para que el diseño satisfaga los objetivos preestablecidos.

Su autor indica que la evaluación es parte de la usabilidad pervasiva, pero ésta, realmente, se encuentra completamente integrada en cada una de las etapas del proceso.

8.2. Diferencia entre Ingeniería de la Usabilidad y la Evaluación de la Usabilidad

Este apartado se ha introducido porque durante el proceso de revisión de literatura científica hemos encontrado varias referencias que, según nuestro criterio, claramente *confunden la Evaluación de la Usabilidad de un sistema o aplicación software con el desarrollar la misma siguiendo alguno de los métodos de la Ingeniería de la Usabilidad.*

La Ingeniería de la Usabilidad es una *aproximación metodológica* que

permite desarrollar aplicaciones interactivas con el parámetro de la facilidad de uso o usabilidad como objetivo preferente. Ello conlleva aplicar de manera sistemática y práctica métodos apropiados de recogida de requisitos, desarrollo y evaluación de prototipos, evaluación de alternativas, definición y evaluación de objetivos de usabilidad, analizar los usuarios finales e implicarlos tanto en la evaluación de los avances producidos como con todas las fases en las que el proyecto lo requiera y constituir además equipos multidisciplinares en los que el peso de las responsabilidades parciales recae en la disciplina más adecuada.

Mientras que Evaluar la Usabilidad de un sistema constituye sólo una parte de la Ingeniería de la Usabilidad —que incluye un rango de métodos que una vez aplicados permiten conocer si dicho sistema, interfaz o prototipo, es o no usable— que no conlleva ni mucho menos haber seguido un proceso sistemático para garantizar la usabilidad del mismo, pudiendo incluso evaluarse la usabilidad del sistema en la fase final del desarrollo sin haberla tenido presente para nada a lo largo del desarrollo.

9. Ingeniería del Software

Un sistema interactivo se compone básicamente de una parte física (hardware) y de un complejo conjunto de instrucciones (software) que gobiernan funcionalmente las posibilidades que aquella ofrece.

Lo que se conoce como Ciclo de Vida del Software describe el proceso completo del desarrollo del software relativo a un determinado sistema, desde su idea inicial hasta que éste es retirado de circulación.

Esta descripción se establece coordinando una serie de actividades de desarrollo, que son recogidas en una disciplina de la ingeniería conocida como Ingeniería del Software (IS), sobre las que se han basado y siguen basándose los desarrollos actuales de los sistemas computacionales.

9.1. Definiciones de Ingeniería del Software

El término de Ingeniería del Software ha sido definido por varios autores y, al igual que hace R. S. PRESSMAN [PRE98], citamos como

una de las primeras la propuesta por F. BAUER (1969):

La ingeniería del software es el establecimiento y uso de principios robustos de ingeniería con el fin de obtener económicamente software que sea fiable y que funcione eficientemente sobre máquinas reales.

Esta definición no hace referencia alguna a aspectos como la satisfacción del cliente o de la importancia de realizar mediciones ni de la calidad del producto final.

Posteriormente aparecen nuevas definiciones, siendo hoy en día la más comúnmente aceptada la establecida en IEEE Std 610.12-1990 [IEE93]:

Ingeniería de Software: (1) la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable hacia el desarrollo, operación y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de la ingeniería al software. (2) El estudio de enfoques como en (1).

La Ingeniería del Software, por tanto, no sólo cubre los aspectos puramente tecnológicos de la producción del citado software, sino que conlleva además la gestión de los presupuestos, de proyectos y de los equipos de desarrollo, así como también de la planificación de dichos proyectos.

Comprende, además, un conjunto de tres elementos clave: Los *modelos de proceso* o métodos, las *herramientas* y los *procedimientos*.

Los primeros indican cómo proceder para construir técnicamente software, las herramientas proporcionan el soporte automático o semiautomático para que los ingenieros software puedan desarrollar los métodos, y los procedimientos definen las secuencias de aplicación de los métodos, siendo los que sirven de enlace entre los métodos y las herramientas.

Para cada uno de los tres elementos citados existen varias propuestas que aunque son diferentes pueden combinarse para una mejor adaptación al proyecto o al equipo de desarrollo que lo lleve a cabo.

Algunos autores han dedicado gran parte de su trabajo en recopilar y actualizar toda cuanta información al respecto, publicando varias versiones de libros de Ingeniería del Software que hoy en día son considerados como “clásicos”. Los más conocidos son, y sin intención de desmerecer a los demás, R.S. PRESSMAN en [PRE00a] y I.

SOMMERVILLE [SOM89][SOM00], contando cada uno de ellos con ediciones constantemente revisadas, actualizadas y reeditadas.

9.2. Modelos de Proceso de la Ingeniería del Software

Se entiende por proceso un conjunto organizado de actividades que transforma entradas (*inputs*) en salidas (*outputs*). Las descripciones de un proceso juntan o encapsulan conocimientos que podrán reutilizarse.

Podemos considerar ejemplos de procesos básicos en la vida cotidiana el manual de instrucciones del lavavajillas, un libro de recetas de cocina, el manual o libro de estilo para los empleados de un banco o el manual de calidad para la fabricación de medicamentos.

Y por proceso software al conjunto estructurado de actividades requerido para desarrollar un sistema software (especificación, diseño, desarrollo y validación).

Así pues, un Modelo de Proceso Software consistirá en la *representación abstracta del proceso*, constituyendo una descripción de un proceso software desde una perspectiva particular.

Como se ha mencionado anteriormente, existen varios modelos de proceso que describen cómo proceder eficientemente para la producción de software. A pesar de que no es objeto de este trabajo detallar todos y cada uno de ellos⁹, creemos conveniente explicar la idea de algunos de ellos, puesto que por su importancia y/o aceptación han marcado la evolución del desarrollo del software y, sobre todo, porque son necesarios para comprender el modelo de proceso que posteriormente se presenta en este trabajo de investigación.

9.2.1. Modelo lineal o modelo en cascada

Las dos figuras siguientes ilustran dos variantes del ciclo de vida más conocido para la Ingeniería del Software, denominado según los autores como “modelo lineal” o “modelo en cascada” (*waterfall model*), que sugiere un enfoque sistemático y secuencial del desarrollo del software que comienza a nivel del sistema y progresa a

⁹ Es muy fácil además encontrar información detallada de todos los métodos en publicaciones especializadas como los libros anteriormente mencionados.

través del análisis, el diseño, la codificación, la prueba y el mantenimiento.

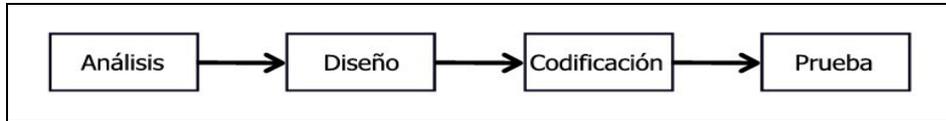


Figura c2_6: Versión 1 del modelo lineal

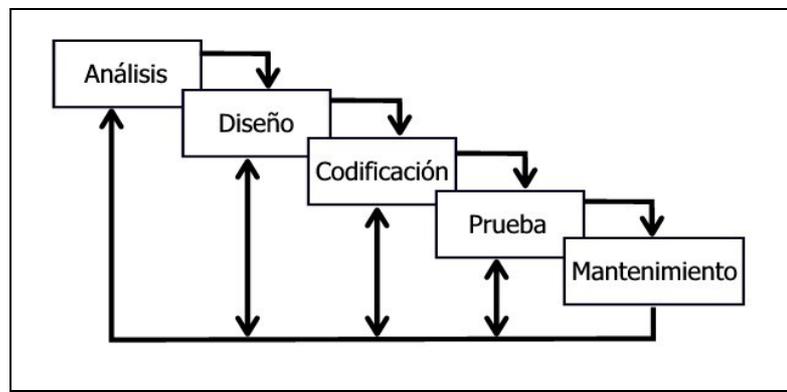


Figura c2_7: Versión 2 del modelo lineal

De los dos esquemas anteriores, más que la misma concepción de una idea, el segundo constituye una versión más evolucionada y realista del primero, proporcionando una realimentación necesaria en todo proceso software.

Las diferentes fases que abarca son¹⁰:

Ingeniería y análisis del sistema. Debido a que un sistema software siempre forma parte de un sistema mayor, se comienza estableciendo los requerimientos de todos los elementos del sistema y asignando luego algún subconjunto de estos requerimientos al software. Esta visión del sistema es esencial cuando el software debe interrelacionarse con otros elementos tales como hardware, personas o bases de datos. Esta fase abarca los requerimientos globales a nivel de sistema con una pequeña cantidad de análisis y diseño a nivel superior.

¹⁰ Estas fases o etapas no son exclusivas de este modelo: son comunes al resto de métodos y, aunque cada una introduce matices propios, la esencia es la misma.

Análisis de los requerimientos del software. El proceso de recogida de los requerimientos se centra e intensifica especialmente en el software. Para comprender la naturaleza de los programas que hay que construir, el ingeniero de software o “analista” debe comprender el dominio de la información del software, así como la función, rendimiento e interfaces requeridas. Los requerimientos, tanto del sistema como del software, se documentan y revisan con el cliente.

Diseño. El diseño del software es realmente un proceso multipaso que se enfoca sobre tres atributos distintos del programa: La estructura de los datos, la arquitectura del software y el detalle procedimental. El proceso de diseño traduce los requerimientos en alguna forma de representación del software. Como los requerimientos, el diseño se documenta y forma parte de la configuración del software.

Codificación (o implementación). El diseño debe traducirse en una forma inteligible para las máquinas, cuya tarea se ejecuta en esta fase del proceso. Si el diseño se realiza de una manera detallada esta codificación se producirá de manera mecánica, mientras que si el diseño ha sido pobre el proceso de codificación será más laborioso y más propenso a errores. El resultado de esta fase es lo que comúnmente se denomina “código” o genéricamente “programa”.

Prueba (o test). Una vez que se ha codificado el software comienza la prueba del mismo. Dicha prueba se enfoca sobre la lógica interna del software, asegurando que todas las sentencias se han probado, y sobre las funciones externas, esto es, realizando pruebas para asegurar que la entrada definida producirá los resultados que realmente se requieren.

Mantenimiento. El software sufrirá indudablemente cambios después de que éste sea entregado al cliente. Los cambios ocurrirán debido a:

- Que se han encontrado errores.
- Que el software debe adaptarse por cambios del entorno externo (un nuevo sistema operativo, periférico, etc.).
- Que el cliente requiere aumentos funcionales o de rendimiento.

El principal inconveniente del modelo lineal radica en la dificultad de encajar adecuadamente los cambios que se producen durante el proceso.

Otros problemas de este modelo son el particionamiento inflexible de las fases en las que se divide el proyecto software, la dificultad de responder a nuevas necesidades del cliente. Este proceso sólo es válido para el caso ideal en el que los requerimientos están exactamente definidos y detallados desde el principio. La versión 2 del modelo, al tratarse de un modelo iterativo, refleja mejor la realidad del desarrollo software.

9.2.2. Modelo de desarrollo evolutivo en espiral

Los modelos evolutivos parten del concepto de que el software, al igual que todos los sistemas complejos, evoluciona con el tiempo [GIL88]. Los condicionantes del producto pueden variar durante el proceso, y éste debe responder eficientemente a la nueva situación.

Estos modelos son repetitivos (iterativos) y se caracterizan por la forma en la que permiten a los ingenieros del software desarrollar versiones cada vez más completas del sistema.

Como es de suponer, existen varios esquemas que dan soporte al concepto del modelo evolutivo, siendo, seguramente, el *modelo en Espiral* [BOH88][PRE00a] el más conocido de ellos.

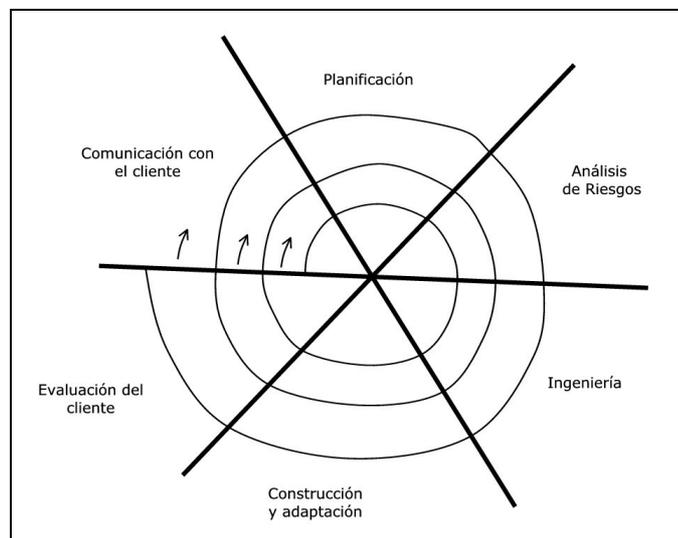


Figura c2_8: Modelo en espiral

Este modelo, que basa su proceso en el *desarrollo rápido de versiones incrementales* del software a implementar, se divide en una

serie de regiones de tareas (o actividades de trabajo). Éstas son:

- *Comunicación con el cliente.* Agrupa los aspectos de la comunicación entre el desarrollador y el cliente
- *Planificación.* Definición de los recursos materiales, humanos y temporales del proyecto
- *Análisis de riesgos.* Evaluación y gestión de los posibles riesgos que pueden aparecer durante el desarrollo.
- *Ingeniería.* Construcción de representaciones o prototipos del sistema.
- *Construcción y acción.* Incluye todo lo relacionado con el desarrollo, prueba, instalación y soporte al usuario.
- *Evaluación del cliente.* Obtención de las reacciones del cliente.

Este modelo mantiene el enfoque sistemático de los pasos sugeridos por el ciclo de vida en cascada, pero lo incorpora al marco de trabajo iterativo que refleja de forma más sensata el mundo real [PRE00a].

Los principales problemas de este modelo son la falta de visibilidad del proceso, una pobre estructuración y unos requerimientos técnicos muy específicos, como por ejemplo los lenguajes de prototipado rápido.

9.2.3. Modelo de desarrollo evolutivo WinWin

El modelo de desarrollo evolutivo, conocido con el nombre WinWin, que fue propuesto por B. BOHEM [BOH98], es visto como una variación o una evolución del modelo en espiral que, como hemos visto, utiliza una aproximación cíclica para el desarrollo incremental de sistemas software.

WinWin literalmente significa “GanarGanar” y hace referencia a que el desarrollo del proceso software se basa en una *constante negociación entre el cliente y el desarrollador en busca del beneficio mutuo y constante*, o sea, el cliente quiere “ganar” y el desarrollador también quiere “ganar”, por lo que el centro de la negociación entre ambos adquiere una especial relevancia en la fase de los requisitos del sistema.

Cada ciclo envuelve cuatro actividades principales:

- Elaboración del sistema o subsistemas y los objetivos, restricciones y alternativas del proceso.

- Evaluar las alternativas respecto a los objetivos y restricciones. Identificar y resolver el mayor número de fuentes de producto y riesgos posibles.
- Elaboración de la definición del producto y del proceso.
- Planificación del próximo ciclo y actualización de la planificación del ciclo de vida. Ello incluye, si es necesario, el particionamiento del sistema en subsistemas a desplegarse en paralelo. Puede incluir, además, la definición de un plan para finalizar el proyecto si éste es de riesgo demasiado alto o no es factible.

Una dificultad proviene de contestar a la pregunta “¿cómo se elaboran los objetivos, las restricciones y las alternativas?”. En el modelo WinWin esta tarea se consigue a base de identificar los implicados principales y establecer sus condiciones para “ganar con el sistema”. Este concepto es una incorporación importante al modelo en espiral, puesto que si no se determinan estas condiciones podrá desarrollarse un producto funcionalmente correcto pero totalmente insatisfactorio.

Otro aspecto importante que este modelo añade al modelo en espiral es la introducción de una serie de *hitos tangibles* hacia el proceso software. BOHEM describe tres hitos críticos:

- a) Objetivos del Ciclo de Vida (OCV)
- b) Arquitectura del Ciclo de Vida (ACV)
- c) Capacidad Operacional Inicial (COI)

Los OCV ayudan a describir los objetivos del sistema y conducen a la ACV, sirviendo también para elaborar los objetivos iniciales. Los OCV identifican además los objetivos del sistema y la arquitectura muestra lo lejos que estamos de dichos objetivos.

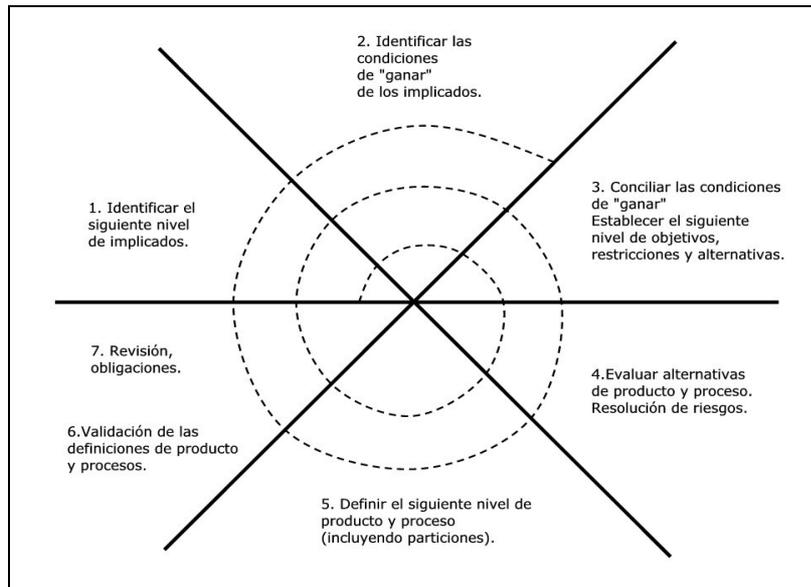


Figura c2_9: Modelo WinWin

9.3.La calidad del software

Actualmente los sistemas basados en ordenadores son fundamentales en casi todos los ámbitos de la vida de las personas y su correcto funcionamiento es crucial para el éxito de negocios, de la comunicación entre las personas y para la seguridad de las mismas, por tanto, desarrollar o escoger sistemas software de alto nivel cualitativo constituye un aspecto imprescindible.

La Organización Internacional para la Estandarización ISO definió en el año 1991, entre otros, el estándar ISO/IEC 9126 [ISO91b] que determina los factores que necesita un sistema software para cumplir los parámetros de calidad y el estándar ISO/IEC 14598 [ISO91a] expresando el proceso de evaluación de los mismos.

El concepto de la calidad en sí mismo lo encontramos definido en la ISO/IEC 9126 de la siguiente manera:

El conjunto total de características de una entidad (producto, proceso o servicio) que le confieren la capacidad de satisfacer las necesidades establecidas y las necesidades implícitas.

Por su parte, I. SOMMERVILLE proporciona otra definición que no por simple deja de ser precisa:

Calidad significa que un producto debe encontrar su especificación [SOM00].

Las características definidas en ISO/IEC 9126 sirven para las especificaciones de los requerimientos funcionales y también para los no funcionales (calidad interna y externa), tanto desde el punto de vista del cliente como del usuario (calidad en el uso).

La parte primera de dicho estándar [ISO01] define la **calidad interna y externa** de una aplicación basada en los atributos de funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenimiento y portabilidad (figura c2_10) y la **calidad en el uso** basada en las características de efectividad, productividad seguridad y satisfacción (figura c2_11).

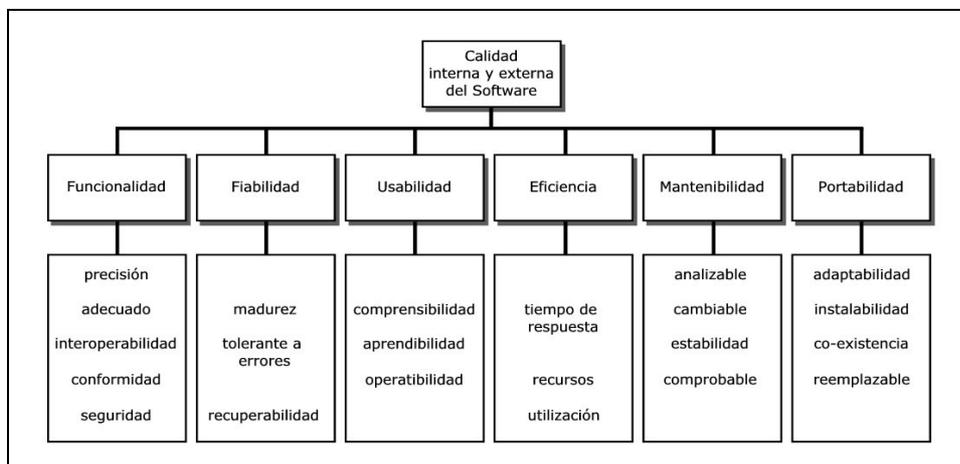


Figura c2_10: Características de la calidad *interna y externa* del software descritas en el estándar ISO/IEC 9126-1

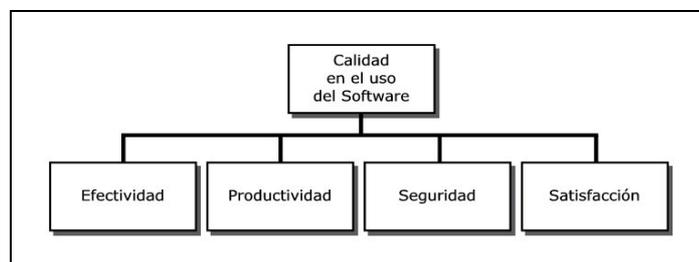


Figura c2_11: Características de la calidad *en el uso* del software definidas en el mismo estándar

El estándar define además un marco de trabajo para el modelo de

calidad que explica la relación entre diferentes aproximaciones de calidad en el ciclo de vida del desarrollo software.

9.4. Actividades de Protección

Según especifica R.S. PRESSMAN, un proceso software se caracteriza de la siguiente forma [PRE00a]:

- Se establece un *marco común* que define un conjunto de actividades que son aplicables a todos los proyectos con independencia de su tamaño o complejidad.
- Se define un *conjunto de tareas* que permite adaptar las actividades del marco común de trabajo a las características del proyecto y a los requisitos del equipo de desarrollo.
- Se desarrollan una serie de *actividades de protección* que abarcan todo el modelo de proceso, que son independientes de cualquier actividad y estructura, y existen a lo largo de todo el proceso.

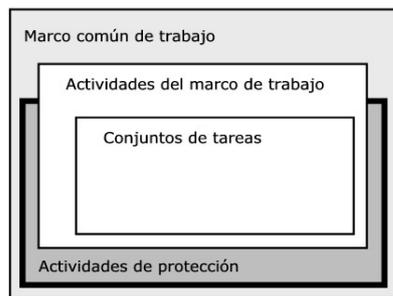


Figura c2_12: Características de todo proceso software

Y las actividades que podemos encontrar en esta última categoría son:

- El seguimiento y control del proyecto.
- Las Revisiones Técnicas Formales (RTFs).
- La Garantía de la Calidad del Software (GCS o *Software Quality Assurance SQA*).
- La Gestión de la Configuración (GC).
- La preparación y producción de documentos.
- La gestión de la reutilización.
- Las mediciones o métricas.
- La Gestión del Riesgo (GR).

Es importante *no confundir estas actividades de protección con las actividades de mantenimiento*, ya que éstas últimas corresponden a una fase del proceso software que empieza una vez el sistema entra en funcionamiento, cuando se ha instalado la versión definitiva del producto. Mientras que las actividades de protección se inician con el inicio del proyecto, continúan una vez instalado y sólo finalizan si el producto deja de dar servicio.

Trataremos a continuación aquellas actividades de protección que tienen relación directa con nuestro trabajo.

9.4.1. Gestión de la Configuración (GC)

El cambio es un aspecto determinante que inevitablemente se produce durante la vida útil de un producto software.

Los cambios, como pueden ser la aparición de nuevos sistemas operativos, la necesidad de ofrecer nuevas funcionalidades o cambiar alguna de las existentes, o la aparición de nuevos requisitos, etc., pueden venir ocasionados por una infinidad de factores internos o externos y se pueden producir en cualquier momento y por cualquier razón.

Y, cuando los cambios aparecen puede producirse una situación de confusión (entre los componentes del equipo de desarrollo) provocada en gran medida por no haber analizado el impacto de dicho cambio. La Gestión de la Configuración (GC) es, como anteriormente se ha citado, *una actividad de protección del software que proporciona el mecanismo necesario para identificar, organizar y controlar las modificaciones que sufre el software que implementa un equipo de desarrollo* [BAB86], constituyendo un conjunto de actividades desarrolladas para gestionar dicho cambio a lo largo de toda la vida del software.

La responsabilidad de la Gestión de la Configuración recae en controlar el repositorio completo de todos los aspectos relacionados con el desarrollo del software, incluyendo documentos, modelos de diseño, bases de datos, código, *scripts* de pruebas, acciones concretas y, en general, cualquier aspecto que pueda ser “debido a” o “provocado por” cualquier cambio.

Wayne BABICH, uno de los autores que más han contribuido a la GC, en la introducción de su libro *Software Configuration Management*

[BAB86] expone:

Cuando entrego el software al cliente no sólo incluyo la versión de la entrega sino que también incluyo la evolución día a día, minuto a minuto del software realizado por el equipo de desarrollo. Evolución controlada significa que usted no solamente entiende lo que tiene cuando lo está entregando, sino que también entiende lo que usted tiene mientras que lo desarrolla. El control ayuda a obtener la máxima productividad minimizando la confusión cuando un grupo de ingenieros de software trabajan junto en un mismo proyecto [VEN99].

Las actividades de la Gestión de la Configuración son:

- Identificación del cambio.
- Controlar el cambio.
- Garantizar que el cambio se implementa adecuadamente.
- Informar puntualmente del cambio realizado a todos los interesados.

Otra actividad importante de la GC que aparece como consecuencia lógica de las enumeradas anteriormente es la *Organización de las diferentes Versiones* existentes de cada elemento software y de su documentación asociada. La evolución del software en sus diferentes versiones suele representarse en forma de grafo validado por una comisión de personas del equipo de desarrollo conocida como Comisión de Control de Cambios.

El resultado de todo este conjunto organizado de actividades queda permanentemente reflejado en los informes conocidos como *Informes del Estado de la Configuración* que permiten contestar a preguntas del tipo: ¿Qué pasó?, ¿quién lo hizo?, ¿cuándo pasó? o ¿qué más se vio afectado?.

9.4.2. Garantía de la Calidad del Software (GCS)

La Gestión de la Calidad del Software, o *Software Quality Assurance (SQA)*, se preocupa de asegurar que se consiga el nivel requerido de calidad de un producto software (ver apartado 9.3). Ello conlleva la definición de estándares de calidad apropiados y, por supuesto, que estos se sigan rigurosamente [SOM00].

Si nos centramos en la aplicación de la calidad al desarrollo de software puede asegurarse que las especificaciones de un proyecto

suelen ser incompletas, a menudo inconsistentes, y si a ello le unimos además la dificultad que supone evitar ambigüedad en la especificación de algunos requisitos de calidad encontramos que realizar esta especificación resulta ser una tarea dificultosa y muchas veces problemática.

Por tanto, tendremos que a igual que con otras actividades de protección, la GCS tiene a su vez una serie de actividades o tareas a desarrollar que son:

- a) Establecimiento de un *plan* de aseguramiento de la calidad del software para el proyecto.

El plan se desarrolla en la fase inicial del proyecto y es revisado y aprobado por todas las partes implicadas. El plan identifica las evaluaciones, auditorias y/o revisiones a realizar, así como los estándares a seguir o a aplicar, qué procedimientos de información y de corrección de errores se implementaran y como se realizará la documentación.

- b) Realizar sistemáticamente el *control* de la calidad, asegurando que los procedimientos y estándares determinados son seguidos por el equipo de desarrollo del software.

Para ello se realizan una serie de revisiones conocidas como Revisiones Técnicas Formales (RTF) aplicadas en diversos momentos del proceso que tienen como objetivos principales:

- Descubrir errores.
- Verificar que el software alcanza los requisitos.
- Verificar que se siguen los estándares acordados.
- Cuidar la uniformidad del software desarrollado.
- Velar por la manejabilidad del proyecto.

Estándar de calidad ISO 9000

La normativa ISO 9000 constituye un conjunto de estándares internacionalmente aceptados para la gestión de la calidad aplicables a un rango de ámbitos de muy diversa tipología, abarcando desde aquellas organizaciones que se dedican a la fabricación de cualquier producto hasta las que proporcionan servicios o productos a partir de procesos altamente industrializados.

La familia ISO 9001 constituye la parte de la normativa ISO 9000 aplicable a organizaciones que realizan tareas de diseño, desarrollo y mantenimiento de productos estableciendo un modelo genérico de proceso de calidad que debe ser instanciado por las propias

organizaciones [INC94].

La normativa genérica ISO 9000 no es específica para la industria del software, aunque para ésta dispone de unos apartados determinados:

- ISO 9000-3. *Guidelines for Application of ISO 9001 to the Development, Supply and Maintenance of Software.*
- ISO 9004-2. *Quality Management and Quality System Elements —Part 2—*. En este documento se detallan las directrices a adoptar para proporcionar el soporte a los usuarios por parte del software.

Además de estos fragmentos más específicos del ámbito del desarrollo software, es importante también la parte de la ISO 9001 denominada *Quality Systems—Model for Quality Assurance in Design, Development, Production, Installation and Servicing*, que describe el sistema de calidad utilizado para mantener el desarrollo de un producto que implique su diseño, tal y como pasa en la implementación de soluciones software.

El aseguramiento de la calidad y los estándares

El enorme esfuerzo que supone adoptar estándares en la gestión de proyectos supone un inmenso trabajo que no se realizaría si realmente no fuese visto como una herramienta verdaderamente potente que apoya la gestión eficaz de los proyectos software obteniendo mejoras apreciables en la calidad de los mismos. Adoptar, por tanto, estándares constituye un factor clave para la gestión efectiva de la calidad.

Uno de los aspectos importantes de definir y aplicar estándares a un proyecto o al desarrollo de un producto —que pueden ser de tipos muy diversos (internacionales, nacionales, organizacionales o simplemente particulares relativos al proyecto) radica en el hecho que define una serie de características comunes que deben exhibir todos los componentes, a la vez que define cómo el proceso software debe ser representado.

Con la adopción de estándares se proporciona un nivel de “encapsulación” que, entre otros factores, evita la repetición de errores que en su día ya fueron detectados y solucionados. Garantizando además la continuidad del proceso aunque cuando éste sea gestionado por nuevos y diferentes equipos humanos.

De todas formas, los equipos de desarrollo software encuentran una serie de problemas cuando aplican los estándares, siendo los siguientes algunos de estos problemas:

- La tecnología avanza a un ritmo tan vertiginoso que parte de estos estándares están rápidamente desfasados.
- El seguimiento de los estándares a menudo se abandona porque implica demasiado esfuerzo burocrático.
- Aunque existen algunas herramientas software destinadas a la gestión de la calidad, en realidad su implantación suele realizarse mediante procesos “manuales”, lo que favorece, como hemos visto antes, al abandono de los procesos.

9.4.3. Gestión del Riesgo (GR)

El riesgo es inherente a toda actividad humana y como no podemos eliminarlo tenemos la obligación de reducirlo al máximo.

Se define el riesgo como la posibilidad de sufrir pérdidas o lesiones y la siguiente expresión matemática sirve para definir la exposición del riesgo:

$$ER = P(RI) * P(LO)$$

Donde, ER es la Exposición al Riesgo, P(RI) es la Probabilidad de un Resultado Insatisfactorio y P(LO) representa las pérdidas de las partes afectadas si se produce el resultado insatisfactorio[BOH91].

Ejemplos de resultados insatisfactorios incluyen acabar fuera del plazo previsto, sobrepasar el presupuesto, funcionalidad incorrecta, requisitos no funcionales de difícil comprobación, interfaz de usuario insatisfactorio y de calidad pobre [BOH91].

El desarrollo de software no está ni mucho menos exento de un elevado número de riesgos que pueden hacer fracasar el proyecto. La IS propone la actividad de protección del software conocida como la *Gestión del Riesgo* (GR) que, como su nombre indica, trata de gestionar de manera eficiente todos los aspectos relativos a la identificación de los posibles riesgos con la finalidad de minimizar el impacto final de los mismos.

La Gestión del Riesgo está compuesta por dos tareas principales:

- *La valoración del riesgo*
Para ello se procede a la identificación de los riesgos posibles

para poderlos analizar y posteriormente gestionarlos intentando minimizar su impacto.

Para identificar los posibles riesgos que un proyecto puede sufrir se procede a la realización de una lista en la que se identifican los posibles factores que pueden comprometer el éxito del proyecto.

Posteriormente, se analiza para cada ítem de la lista el riesgo concreto valorando la probabilidad de la pérdida y su magnitud.

- *El control del riesgo*

Dicho control se realiza en base a una planificación que expone las actividades necesarias para poner los factores de riesgo identificados bajo control. Para ello se cuenta con actividades como prototipos, simulaciones, modelados, ajustes, etc. Todos los planes de la gestión deben integrarse para, en lo posible, reutilizar partes de cada uno y descomponer en factores en la planificación total [BOH91].

Con ello los factores de riesgo son eliminados o resueltos en beneficio del proyecto.

Esta faceta de los proyectos software es tan crucial que puede hacer fracasar cualquier proyecto técnicamente perfecto.

Un informe del Parlamento Inglés acerca de la mejora de los proyectos relacionados con la Tecnología de la Información (TI) del año 2000 [PAC99] apunta en una de sus conclusiones que:

La gestión de los proyectos de TI en manos de expertos gerentes es esencial para asegurar que sean entregados a tiempo y de acorde al presupuesto preestablecido. Pero la correcta implementación de los sistemas TI pasa por la imaginación y una perfecta gestión del riesgo junto a una metodología precisa de gestión.

Principios de la Gestión del Riesgo.

El *Carnegie Mellon Software Engineering Institute* (SEI) propone siete principios como marco de trabajo para conseguir una gestión del riesgo efectiva [SEI02]:

Perspectiva global	<ul style="list-style-type: none">- Visión del desarrollo del software en el contexto de la definición, el diseño y el desarrollo de grandes niveles de sistemas.- Reconocimiento del valor potencial de la oportunidad y
--------------------	--

	del impacto potencial de los efectos adversos.
Previsión	<ul style="list-style-type: none"> - Pensando en el mañana, identificando dudas, anticipando resultados potenciales. - Gestionando recursos de proyectos y actividades mientras anticipamos dudas.
Comunicación abierta	<ul style="list-style-type: none"> - Favorecer el libre flujo de la información entre todos los niveles del proyecto. - Activar todos los niveles comunicación, formales, informales e improvisados. - Uso de procesos que valoren las opiniones personales (llevando el conocimiento y la perspicacia personal para identificar y gestionar el riesgo).
Gestión integrada	<ul style="list-style-type: none"> - Hacer de la gestión del riesgo una parte vital integrada de la gestión del proyecto. - Adaptando los métodos y técnicas de la gestión del riesgo a la infraestructura y cultura del proyecto.
Proceso continuo	<ul style="list-style-type: none"> - Vigilancia constante. - Identificación y gestión rutinaria de riesgos durante todas las fases del ciclo de vida del proyecto.
Visión compartida del producto	<ul style="list-style-type: none"> - Visión mutua del producto basada el propósito común, la propiedad compartida y la comunicación colectiva. - Enfoque sobre los resultados.
Equipo de trabajo (o desarrollo)	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajando cooperativamente hacia la consecución de un objetivo común. - Reunión de talentos, de habilidades y de conocimiento.

Tabla c2_1: Principios de la Gestión del Riesgo detallados por el Instituto de Ingeniería de Software de la Universidad Carnegie Mellon

10.El paradigma web

Indistintamente, utilizamos los términos *Internet* o *web*¹¹ para hacer referencia al medio que facilita la interacción entre los individuos. No es un fin ni una aplicación, sino que se trata de un mecanismo multidireccional que posibilita que todas las personas interactuemos globalmente. Nos permite redefinir nuestra relación con el resto del mundo dinamizando las relaciones entre las empresas y redistribuyendo el conocimiento entre las sociedades [DUR03].

Es innegable que Internet ha cambiado y está cambiando muchos aspectos del mundo en el que vivimos y la importancia de este cambio

¹¹ *Internet* y *web* son palabras con significados diferentes que debido a su uso habitual pueden considerarse como sinónimos. Comúnmente son indistintamente utilizadas para designar un mismo contexto.

sólo es comparable a las revoluciones industriales de los siglos XVIII y XIX.

La web representa un “nuevo” paradigma de interacción que se ha extendido entre las personas de todos los rincones la tierra. Su crecimiento ha sido tan espectacularmente rápido que ha provocado la inexistencia de estándares (o que los existentes sean confusos y complicados) y una distribución asimétrica del grado de implantación en distintas capas sociales y partes del planeta que fácilmente puede confluir en la tan temida fractura digital.

El vacío comentado en el párrafo anterior se ve ampliado cuando deseamos, además, desarrollar aplicaciones para entornos web bajo los conceptos de la usabilidad y/o de la accesibilidad.

Este apartado pretende introducir los aspectos más significativos a considerar con influencia directa en este trabajo para poder desarrollar aplicaciones interactivas en el paradigma web con la predominancia de estos parámetros de usabilidad y de accesibilidad.

10.1. Algunas características de los sitios web

El perfil de los usuarios de las aplicaciones informáticas ha cambiado mucho desde la aparición de Internet; el abanico de posibilidades se amplía enormemente. La inmediatez y globalización hacen que el perfil genérico del usuario de un sitio web sea diferente y que exista una gran diversidad de conocimientos, necesidades y formas de acceder a los servicios.

Con la aparición y enorme explosión de los sistemas web apareció un nuevo conjunto de conceptos, como los enlaces (*links*), las páginas (*web*), los navegadores (*browsers*), la inmediatez, la audiencia, la arquitectura de la información, la navegación, etc., que se han ido añadiendo a nuestro vocabulario diario. Las concepciones tradicionales de distancia y tiempo de repente desaparecen para generar un espacio donde no existe ni la separación espacial ni la temporal.

Los sitios web constituyen hoy en día la mejor interfaz de integración de servicios a la vez que conecta a las personas u organizaciones formando las denominadas Redes Sociales [GAR97] y las “*comunidades virtuales, comunidades online o e-communities*” [PRE00b], en las cuales confluyen usuarios de culturas y estilos de de

vida antagónicos utilizando una amplia variedad de tecnologías y diferentes vías de acceso [PRE04].

Hay que tener en cuenta que aproximadamente el 50% del código se dedica a la interfaz [BRI02] aunque en el paradigma web este factor se incrementa enormemente (hay un gran número de sitios web que el 90% de los mismos no son más que elementos visuales puramente estéticos, o sea, elementos de la interfaz).

10.2. La Arquitectura de la Información

La Arquitectura de la Información (AI) es un concepto que aparece como consecuencia y respuesta lógica al desarrollo masivo de Internet, que proporciona un medio altamente eficaz para distribuir contenidos de información que si no se organiza de forma eficaz puede acabar como William POLLARD vaticina:

La información es una fuente de conocimiento. Pero, si no está organizada, procesada y disponible para las personas en un formato que les permita tomar decisiones, más que un beneficio es un estorbo [POL00].

Esta frase nos hace reflexionar sobre el papel que realmente desempeñan los contenidos y su adecuada organización para que éstos sean utilizables eficientemente por los usuarios finales.

La actividad de la Arquitectura de la Información es la respuesta técnica a la realidad de Internet, en la que se ha evidenciado que la clave del éxito del servicio no está en el diseño gráfico o la eficiencia del software utilizado sino en los contenidos.

Encontramos, por otra parte y sin ser conscientes de ello, en la vida cotidiana numerosos casos de ejemplos en los que se ha aplicado la AI: ¿Seríamos capaces de encontrar un determinado libro en la biblioteca municipal si todos estuvieran amontonados y revueltos?, ¿podría dejar el cartero nuestro correo sin una organización detallada de los continentes, países, provincias, localidades, calles y números?, etc.

La AI es, por tanto, sumamente determinante para conseguir que un sistema de información como la web sea efectivo y fácil de utilizar.

10.2.1. Concepto

El concepto o actividad denominada como Arquitectura de la Información, aunque es relativamente nuevo, dispone de varias definiciones propuestas por algunos de los principales autores y/o investigadores que desarrollan actividades habituales en este campo.

Las definiciones más comúnmente aceptadas son, por una parte, la que K. HAGEDORN aporta, que define la AI como:

El arte y la ciencia de organizar información para ayudar a las personas a desempeñar eficientemente sus necesidades de información. Ello conlleva investigación, análisis, diseño e implementación [HAG00].

Y por otra, la que detallan Louis ROSENFELD y Peter MORVILLE en la segunda edición de su libro *Information Architecture for the World Wide Web*, que la definen en base a tres conceptos o subdefiniciones [ROS02b]:

1.- La combinación de organización, etiquetado y esquemas de navegación dentro de un sistema de navegación.

2.- El diseño estructural de un espacio de información que facilite la finalización de tareas y el acceso intuitivo a los contenidos.

3.- El arte y la ciencia de estructurar y clasificar los sitios web y las Intranets para ayudar a las personas a encontrar y gestionar la información.

Vemos pues que ambas definiciones hacen referencia intrínseca a la importancia de la estructura u organización como expresión de un sistema de información accesible, mayoritariamente, a través de los sitios web.

10.2.2. Elementos básicos de la Arquitectura de la Información

Tal como ROSENFELD destaca, la AI agrupa *usuarios y contenido* en un determinado *contexto* de uso o negocio.

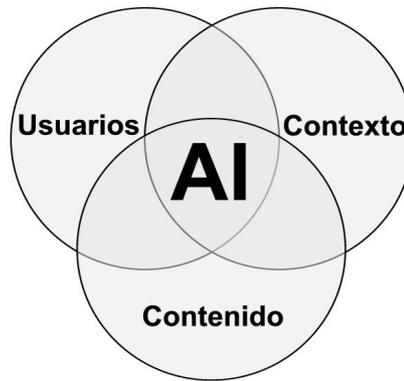


Figura c2_13: Elementos clave de la Arquitectura de la Información

Por tanto, para implementar una AI deben confluír tres elementos claves para los que debemos ser capaces de responder a las siguientes preguntas:

Para Usuarios	los	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles son las motivaciones que llevan a los usuarios a visitar nuestro sitio? - ¿Qué quieren los usuarios de este sitio?, y ¿qué necesitan de él? - ¿Quiénes son? y ¿qué audiencias son más importantes? - ¿Cómo navegan¹²? - ¿Qué términos utilizan para navegar, buscar y clasificar la información? - ¿Cuáles son sus necesidades de información?
Para Contenido	el	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo puedo organizar el contenido que tengo? - ¿Qué contenido tiene valor? - ¿De qué contenido puedo deshacerme? - ¿Cómo pueden emerger las respuestas del contenido que tengo? - ¿Cómo debe el contenido ser organizado y etiquetado?
Y, para Contexto	el	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Quién, dentro de la organización, tiene poder de tomar decisiones? y ¿qué quieren del sitio? - ¿Qué factores culturales y/o políticos pueden afectar a la arquitectura? - ¿Hay similares experiencias previas?, ¿acabaron bien? ¿por qué? - ¿Con qué recursos contamos (humanos, económicos, tiempo, tecnológicos)?

¹² El término navegación ha adoptado un nuevo significado con la irrupción de Internet. En este contexto, navegación está asociado con el propio significado del uso de este paradigma: *el usuario va "navegando" en un mar de páginas dispuestas en un océano de servidores que están relacionados por una innumerable cantidad de enlaces.*

- ¿Cómo la arquitectura será sostenida y mantenida?
- ¿Están preparados para la AI?

Tabla c2_2: Elementos clave de la Arquitectura de la Información

Estos tres elementos forman la base del Diagrama en Iceberg [MOR00] (figura c2_14), cuyo autor sostiene que la mayoría de las personas que navegan por Internet sólo ven la identidad, el esquema, los contenidos y las funcionalidades que la interfaz les proporciona, que tan sólo constituye la punta de un enorme iceberg que esconde “bajo el nivel del agua” una gran cantidad de trabajo realizado por los arquitectos de la información a partir de entender las necesidades y el comportamiento de los usuarios, de estructurar el significado del contenido teniendo presente el contexto (cultural, tecnológico, etc.) relacionado.

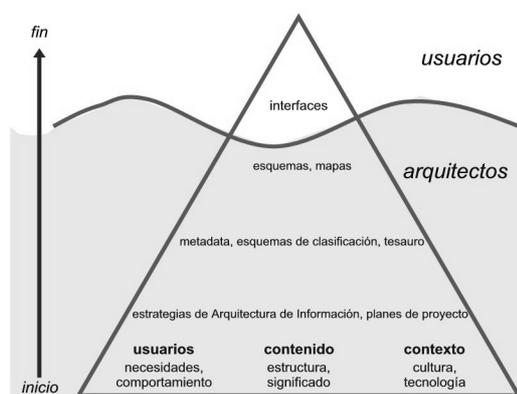


Figura c2_14: Diagrama en Iceberg de la AI

Bajo la superficie los arquitectos de la información crean estrategias organizativas y esquemas de diseño clasificatorios que se comunican con la ayuda de estructuras entrelazadas (*wireframes* y *blueprints*).

10.2.3. La Arquitectura de la Información como disciplina

Actualmente la AI es vista como una disciplina con entidad propia que tiene muchos rasgos en común con la IPO. Esto se debe a que a ambas están formadas por grupos interdisciplinarios de personas que tratan con los aspectos comunicativos de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC).

Así, podemos indicar campos que nos relacionan con el conocimiento del **usuario**, como la psicología cognitiva, la etnografía, el marketing, la comercialización (*merchandaising*); con el conocimiento de los **contenidos** tenemos el periodismo, la gestión de bases de datos, la comunicación audiovisual, las comunicaciones, la recuperación de información, la bibliotecología o de las ciencias de la documentación. Y en relación al **contexto** tenemos la psicología organizacional, la ingeniería de operaciones, la gestión de negocios o el análisis de las redes sociales.

11. Ingeniería de Requisitos

El éxito o el fracaso de un nuevo sistema interactivo depende en gran parte del correcto encaje de la siempre cambiante, y a veces frustrante, definición de los requisitos [BOH01]. Comenta A. SUTCLIFFE en la introducción de [SUT02] que los requisitos son una parte ubicua de nuestras vidas que está completamente relacionada con la comunicación:

El problema requisitos-comunicación aparece constantemente cuando nos esforzamos en expresar nuestras propias necesidades a otras personas. (...) Las personas detectamos por primera vez el problema tan sólo unas horas después de nacer. Lloramos para expresar unos requisitos físicos que aunque suelen ser para reclamar alimento los padres no tienen la certeza de que el motivo sea éste. Aparece un problema de comunicación en el que una persona (el bebé) comunica (llorando) a otras personas (sus padres) sus requerimientos. Pero los receptores del mensaje (los padres) no siempre son capaces de interpretarlo; el grito de un bebé es ambiguo [SUT02].

Los requisitos en la Ingeniería del Software adquieren una importancia relevante al constituir la manera de relacionar las necesidades de los usuarios de los sistemas con los que tienen que construirlos.

11.1. Requisitos, ¿qué son?

Lo primero que nos preguntaremos para entender acerca de la Ingeniería de los Requisitos será, precisamente, ¿qué son los requisitos de un sistema interactivo?.

Formalmente se definen como las *descripciones de cómo el sistema debe comportarse, la información acerca del dominio de aplicación,*

las restricciones operativas del sistema y las especificaciones de las propiedades o atributos del sistema [KOT97]; con los requisitos se pretende averiguar qué es lo que la gente quiere de un sistema y entender cuáles son sus necesidades en términos de diseño.

En el ámbito de los sistemas basados en ordenadores entender acerca de los requisitos no se limita tan sólo a entender las necesidades de los usuarios sino que se extiende a entender las implicaciones del dominio y conocer aquello que es realizable. Por tanto, analizar los requisitos de un sistema interactivo supone el determinar, enumerar y clasificar todas las características, capacidades y restricciones que este debe cumplir o al que se ve sometido.

Los requisitos de los sistemas interactivos suelen estar enfocados en el **qué** debe hacer el sistema y no en cómo debe hacerlo, por lo que suelen clasificarse básicamente en *requisitos funcionales* y *no funcionales*, aunque también obedecen a criterios de prioridad (esenciales, deseados y deseados pero de baja prioridad —“estaría bien tenerlos”—).

11.2. Importancia de los requisitos

Esta fase es tan inmensamente crítica e importante que de ella dependerá la buena continuación del proyecto. Jared SPOOL argumenta en [BAI02] que si se hace un buen trabajo en esta fase repercutirá directamente a disminuir el número de iteraciones necesarias para conseguir el proceso global. Esto en definitiva se trata de dinero, ya que se invertirá menos tiempo y menos recursos.

- **Mitos del desarrollo software**

El desarrollo del software —como casi cualquier otra disciplina o ámbito de la vida— tiene sus propios *“mitos”* los cuales, cuestionables o no, tienen cierta influencia en el desarrollo de una aplicación interactiva.

Encontramos mitos tanto desde el punto de vista del desarrollador, del gestor, como del cliente.

Centrémonos en estos últimos. Los mitos del cliente conducen a que éste se cree una falsa expectativa acerca del producto final, conduciendo irreversiblemente a la insatisfacción hacia la solución aportada por el desarrollador del software.

Estos son los mitos más relevantes con relación a los clientes [PRE98]:

Mito: Una declaración general de los objetivos es suficiente para comenzar a escribir los programas. Podemos dar los detalles más adelante.

Realidad: Una mala definición inicial es la principal causa del trabajo baldío en software.

Mito: Los requisitos del proyecto cambian continuamente, pero los cambios pueden acomodarse fácilmente, ya que el software es flexible.

Realidad: Es cierto que los requisitos cambian, pero el impacto del cambio varía según el momento en el que éste se introduzca. La figura c2_15 ilustra perfectamente el impacto que produce al coste final de los cambios con relación a la fase del desarrollo del producto.

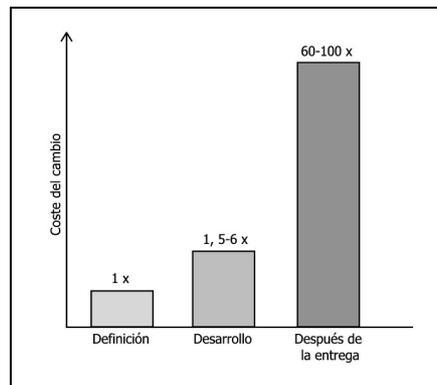


Figura c2_15: Representación del impacto del coste de realizar cambios en función de la fase de desarrollo del sistema en el que éste se produce

11.3. Personas, comunicación y requisitos

Una de las principales razones por las que no resulta fácil realizar el análisis de los requisitos simplemente se debe a que el simple hecho de “tratar con personas” es en esencia una tarea difícil. Cada uno tenemos puntos de vista particulares e ideas propias, pues inconscientemente realizamos muchas acciones de manera espontánea o rutinaria mientras que otras, voluntariamente, las ejecutamos en la privacidad [SUT02].

Así pues, la práctica del análisis de requisitos se enfrenta con los problemas propios de la comunicación humana como son:

- El *conocimiento tácito*: Normalmente nos resulta muy difícil o imposible describir el proceso que seguimos para la ejecución de aquellas acciones que realizamos con cierta frecuencia. Ello simplemente se debe a que debido al conocimiento adquirido de las mismas nuestra mente no es consciente de que las estamos llevando a término, se realizan de manera automática.
- La *ambigüedad*: A pesar de que disponemos de suficientes mecanismos de comunicación frecuentemente expresamos nuestras conductas y pensamientos inadecuadamente de manera que obtenemos expresiones ambiguas y enigmáticas que dan lugar a varias posibles interpretaciones.
- Las *actitudes* y las *opiniones particulares*: Las vivencias particulares, las creencias religiosas y/o políticas, la tradición familiar y cultural o las aficiones son algunos de los aspectos que influyen la manera de llevar a cabo determinadas acciones y de dirigir las opiniones sobre las cosas [HOF97].

De ahí que, aunque contemos con usuarios honestos y cooperantes, el equipo encargado de realizar el análisis de los requisitos difícilmente conseguirá un conjunto de necesidades y de requerimientos preciso y “honesto”. Consecuentemente este equipo precisará de expertos en campos de conocimiento tan diverso como la psicología y la sociología.

11.4.El análisis de los requisitos como disciplina de ingeniería

La Ingeniería de los Requisitos (IR) es un término relativamente nuevo que cubre el conjunto global de las actividades relacionadas con el descubrimiento, la documentación y el mantenimiento del conjunto de requisitos concernientes a un sistema interactivo.

De varias definiciones de la IR [SOM89][DUB83][BUB93] la que, a nuestro parecer, es la que proporciona el mejor enunciado es la propuesta por [ZAV95]: *La IR es la rama de la IS que se preocupa de los objetivos reales del mundo, de las funcionalidades y de las restricciones de los sistemas software. Ésta también se preocupa de la relación entre estos factores precisando especificaciones del comportamiento del software y acerca de su evolución con el tiempo.*

Los **objetivos** principales de la IR pueden resumirse en los siguientes puntos [SUT02]:

- Capturar un conjunto completo de requisitos de los usuarios.
- Analizar detalladamente los requisitos de los usuarios, encontrar todas las implicaciones de los mismos y comprenderlas.
- Especificar cómo estos requisitos deberán manifestarse durante el diseño del sistema.
- Completar el análisis de los requisitos con un conjunto de restricciones aceptable en términos temporales y económicos.

11.4.1. Modelos de Proceso de la Ingeniería de Requisitos

A pesar de la que la IR es una disciplina con menos tradición que la IS, existe un conjunto de trabajos interesantes que proponen modelos de proceso con los que afrontar el reto de la ingeniería de los requisitos del desarrollo de sistemas interactivos.

No es objetivo prioritario para este trabajo conocer y detallar ninguno de los modelos de la IR existentes, aunque debido a que una parte importante del trabajo presentado recae en las bases de esta ingeniería sí que resulta útil tener una visión global de los mismos.

A continuación, veremos alguno de los modelos que han influido en la propuesta presentada en esta tesis.

El modelo de POHL

El modelo de POHL [POH97], que puede observarse en la figura c2_16, es un modelo iterativo en el que se definen las cuatro actividades básicas: Se asume una secuencia en la que los requisitos son *elicitados*, a continuación son *negociados* entre los participantes, se *integran* con el resto de la documentación y finalmente se *validan y verifican* para asegurar que no presentan conflictos con los demás requisitos y que se corresponden con las necesidades reales de los clientes y usuarios [DUR00].



Figura c2_16: Modelo de Proceso de la Ingeniería de Requisitos propuesto por POHL

- **Elicitación de requisitos**

El objetivo de la elicitación es *hacer explícito el conocimiento oculto sobre las necesidades de clientes y usuarios y el sistema a desarrollar de forma que todos los participantes en el problema sean capaces de entenderlo.*

En este modelo se asume implícitamente que durante la realización de las actividades de elicitación es necesario *identificar las fuentes de información, conocer el dominio del problema, reutilizar especificaciones de requisitos similares y utilizar las técnicas habituales de elicitación* como son las entrevistas, casos de uso, cuestionarios, prototipos, etc.

- **Negociación de requisitos**

El objetivo de esta actividad es alcanzar acuerdos entre todos los participantes sobre los requisitos elicitados en la actividad anterior, avanzando en la dimensión de acuerdo del proceso.

Para ello, el método propone tener en cuenta cuatro factores:

- Hacer explícitos los conflictos y evitar los conflictos emocionales entre los participantes.
- Hacer explícitos para cada conflicto las alternativas, las argumentaciones y las razones subyacentes que los provocan.

- Tomar las decisiones correctas a partir de un consenso en los resultados de la negociación entre la mayoría de los participantes.
 - Asegurarse de involucrar a las personas adecuadas en el momento adecuado y evitar las renegociaciones innecesarias.
- **Especificación/Documentación de requisitos**
En esta actividad deben documentarse los requisitos elicitados y negociados, para lo que POHL propone que no se utilice una sola notación, sino tantas como sea necesario para que todos los participantes lo entiendan.
 - **Validación/Verificación de requisitos**
En esta actividad se *validará* la correspondencia entre los requisitos documentados con las necesidades de los clientes y usuarios y se *verificará* que la especificación cumple los criterios de calidad oportunos.

El método propone recurrir a los prototipos para los aspectos de validación y verificaciones formales para la verificación.

Modelo Iteración de Actividades

El modelo de proceso de ingeniería de requisitos denominado *Iteración de Actividades* se encuentra perfectamente definido en la memoria de la tesis doctoral desarrollada por A. DURÁN en [DUR00] y, a nuestro parecer, supone uno de los mejores trabajos en este ámbito realizados que aporta la base metodológica necesaria para realizar una correcta ingeniería de requisitos¹³.

Esta propuesta, conceptualmente basada en el modelo de POHL y que podemos ver en la figura c2_17, consta de tres actividades principales, *elicitación*, *análisis* y *validación*, y su principal característica es la *iteratividad*.

¹³ En realidad el método presentado en la tesis de A. DURÁN referenciada no menciona explícitamente ningún nombre concreto para su metodología. No obstante, hemos deducido el nombre Iteración de Actividades a partir de algunos comentarios en el texto y el pie de la figura del esquema del modelo.

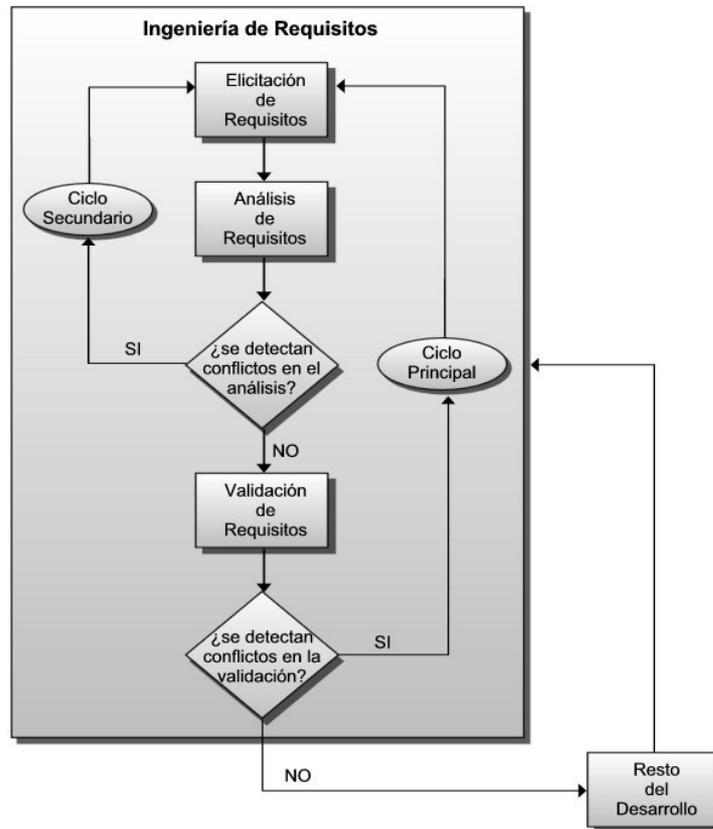


Figura c2_17: Modelo Iteración de Actividades

La **iteratividad** se ofrece mediante tres *ciclos de iteración*: Dos internos al proceso y uno de externo.

- **Ciclo de iteración *elicitación-análisis-validación***
El ciclo principal elicitación-análisis-validación es un ciclo interno que indica la posibilidad que durante el proceso de validación de los requisitos por parte de los clientes y usuarios aparezcan conflictos o nuevos requisitos que hasta entonces estaban ocultos. En esas circunstancias, es necesario resolver dichos conflictos y consensuar los nuevos requisitos mediante nuevas reuniones de elicitación/negociación, repitiendo a continuación las actividades de análisis y validación.
- **Ciclo *elicitación-análisis***
El segundo ciclo interno, elicitación-análisis, es un ciclo que indica la posibilidad que durante la realización del análisis de los requisitos elicitados se descubran conflictos o deficiencias en dichos requisitos, lo que puede provocar la necesidad de

nuevas reuniones de elicitación–negociación y el posterior análisis de sus resultados.

- **Ciclo ingeniería de *requisitos–resto del desarrollo***

El tercer ciclo, entre la ingeniería de requisitos y el resto del desarrollo, muestra la posibilidad de que durante el resto del desarrollo sea necesario volver a alguna de las actividades de ingeniería de requisitos, posiblemente porque se detecte la necesidad de renegociar algunos requisitos de difícil implementación, porque aparezcan nuevos requisitos durante el desarrollo, etc.

Y las **actividades** son:

- **La elicitación**

Esta actividad, considerada por el propio autor como la más destacada, es la que mantiene la interacción entre clientes y usuarios con los ingenieros de requisitos. Los principales objetivos de la misma son *conocer el dominio del problema, descubrir las necesidades reales de clientes y usuarios y consensuar los requisitos* entre los mismos.

- **El análisis de requisitos**

Esta actividad, que tradicionalmente ha sido considerada como la más importante, tiene como objetivos principales *detectar conflictos* en los requisitos orientados al cliente (requisitos-C), *profundizar en el conocimiento del dominio del problema* y *establecer las bases del diseño* del sistema.

- **La validación de los requisitos**

En esta actividad se debe confirmar que los requisitos-C, una vez analizados y resueltos los posibles conflictos, corresponden realmente a las necesidades de clientes y usuarios. Asegurarse de que los requisitos describen el producto deseado es el principal objetivo de esta actividad.

Finalmente los productos que se obtienen al final del proceso son:

- *Requisitos-C*: Requisitos que deben expresarse de forma que todos los participantes en el proceso de ingeniería de requisitos sean capaces de entenderlos, especialmente los clientes y usuarios. Para conseguir ese objetivo se propone utilizar principalmente casos de uso [JAC93] expresados en lenguaje natural, que *a priori* es el único lenguaje común entre todos los

participantes. No obstante, para evitar los problemas inherentes al uso del lenguaje natural A. DURÁN propone el uso de plantillas y de patrones que faciliten su uso.

- *Requisitos-D* (requisitos desde el punto de vista del desarrollador): Éstos, junto con el prototipo y los posibles conflictos, son el resultado principal de la actividad de análisis. La forma de expresarlos suele consistir en la elaboración de un modelo del sistema a desarrollar que pueden realizarse mediante técnicas estructuradas, técnicas orientadas a objetos, lenguajes formales o mezclas de varios de ellos.
- *Prototipo*: La construcción de un prototipo del sistema a desarrollar puede facilitar enormemente tanto la validación de los requisitos por parte de los clientes y usuarios como la elicitación de nuevos requisitos.
- *Conflictos*: Es importante registrar los conflictos que vayan surgiendo para poder acometer su resolución de forma organizada, involucrando a los participantes en el proceso de negociación. En el modelo propuesto, se asume que los conflictos aparecerán principalmente durante la actividad de análisis y se resolverán mediante negociación en las actividades de elicitación.

Otros modelos

Existen otros modelos cuyo principal objetivo es aportar metodología que permita desarrollar la Ingeniería de los Requisitos, y que no se mencionan de manera tan explícita por su menor influencia en nuestra investigación.

En este grupo destacamos el **Método KAOS** (*Knowledge Acquisition in Automated Specification of Software*) [LAM91]. Se trata de un método orientado por objetivos (*goal-oriented*) con el que se elaboran constructivamente los requisitos del sistema a partir de los objetivos de más alto nivel.

El método consiste en la identificación de objetivos para realizar sucesivas re-identificaciones en subobjetivos hasta que cada uno de estos subobjetivos puede asignarse a agentes primarios como personas, dispositivos o software. Los objetos referidos por los objetivos se identifican gradualmente a partir de la propia definición de los mismos.

El método apoya la exploración de los refinamientos alternativos para cada objetivo, así como de las asignaciones a los agentes primarios, obteniendo así alternativas del sistema en las que el límite entre el sistema automatizado y su ambiente puede ser absolutamente diferente. También apoya la identificación y la resolución de conflictos entre objetivos, y la identificación y la resolución de comportamientos excepcionales (obstáculos) de los agentes que vulneran los objetivos y las responsabilidades acordadas durante el proceso del refinamiento de cada objetivo.

Finalmente, otros trabajos interesantes directamente relacionados con el ámbito de la ingeniería de los requisitos son la *Metodología de Definición de Requisitos EasyWinWin* [BOH01], que está relacionada con el modelo de Desarrollo Evolutivo WinWin (anteriormente referenciado en el punto 9.2.3 de la Ingeniería del Software). *EasyWinWin*, que no es considerado como un modelo de proceso, define un conjunto de actividades que guían a los implicados del sistema interactivo a desarrollar a través de un proceso de recolección, elaboración, priorización y negociación de requisitos. Esta metodología utiliza técnicas participativas de grupos relacionadas con el trabajo colaborativo o cooperativo.

11.4.2.Documentar el Análisis de Requisitos

Todo proceso de ingeniería de requisitos conlleva realizar un conjunto de actividades que tienen como objetivo principal obtener, deducir, validar y mantener los requisitos del sistema, habitualmente reflejados en un documento o documentos de requisitos.

El documento del Análisis de Requisitos es un instrumento formal cuya función es comunicar los requisitos a los clientes, ingenieros, gerentes y, en definitiva, a todo aquél que pueda estar interesado y/o afectado por el sistema interactivo.

Este documento describe:

- Los *servicios y funciones* que el sistema debe proporcionar.
- Las *restricciones* bajo las que debe *operar*.
- *Restricciones* acerca del proceso utilizado al *desarrollar* el sistema.
- El conjunto completo de *propiedades del sistema*, por ejemplo, las restricciones de las propiedades emergentes del sistema.

- Definiciones de *otros sistemas* con los que el sistema a desarrollar debe cooperar o incluso integrar.
- Información acerca del *dominio de la aplicación* del sistema, por ejemplo cómo realizar particulares tipos de computación.
- *Descripción del hardware* sobre el que deberá “correr” el sistema.

Formalizar los requisitos y restricciones del mundo real de manera consistente y precisa para que puedan ser tratados convenientemente no es una tarea fácil. La dificultad principal que encontramos es la “laguna -gap- de la formalidad”, y éste es precisamente el aspecto que debemos ser capaces de minimizar [DIX93, pág. 155].

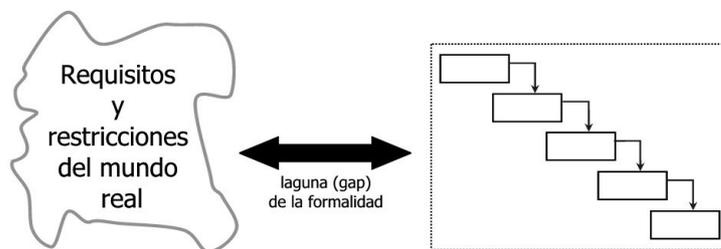


Figura c2_18: La laguna, o el *gap*, de la formalización del mundo real con un diseño estructurado

Esta formalización puede especificarse con *descripciones en lenguaje natural* que, como hemos visto, son propensas a mal interpretaciones, o especificaciones basadas en notaciones o lenguajes formales, que a pesar de ser muy concretos y precisos difícilmente son accesibles para las personas no versadas en la IS.

Particularmente, opinamos que la adopción de técnicas de documentación bien estructuradas y definidas como las propuestas en [DUR02] o por el estándar IEEE 830 [MAZ94] son las más adecuadas, pues generan documentos expresados en lenguaje natural convenientemente organizados evitando tener informes que contienen cantidades extensas de *texto que nadie desea leer o no es capaz de comprender*.

También existen herramientas software especialmente diseñadas para gestionar la documentación de los requisitos que proporcionan estructuras de clasificación configurables basadas principalmente en el estándar IEEE 830 o esquemas similares. *RequisitePro* [RRP] o *DOORSrequireIT* [TDO] son algunos ejemplos de estas herramientas.

Particularmente, destaca J. GULLIKSEN [GUL03] que el principal peligro de todo documento técnico es “que nadie se lo mira” y mucho menos si se trata de un documento muy extenso. Por ello a la hora de documentar debemos “encontrar la medida justa” que proporcione sólo la información necesaria y que ésta sea completa.

12. Accesibilidad

William Loughborough es un compositor musical y cantautor estadounidense que lucha por defender los derechos de las personas discapacitadas y suya es la conocida frase que menciona que “La accesibilidad es un derecho, no un privilegio”, cuyo trasfondo está en nuestra mente al desarrollar cualquier sistema interactivo.

Según la Organización Mundial de la Salud¹⁴, las *deficiencias* se producen como consecuencia de la pérdida o anomalía de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica. Cuando las deficiencias provocan una restricción o ausencia de la capacidad para realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano, estamos ante una *discapacidad*¹⁵. Y cuando, como consecuencia de haberse producido un deficiencia o una discapacidad, se produce una situación desventajosa para un individuo determinado, que limita o impide el desempeño de un rol que es normal en su caso (en función de la edad, sexo y factores sociales y culturales), estaremos en presencia de una *minusvalía* [EGE01] [ICF].

La aplicación de la Informática y de la Telemática a los problemas de las personas con discapacidad se sitúa dentro de un entorno más amplio, que reúne un conjunto de métodos y técnicas variadas cuya principal misión es resolver, o al menos paliar, las dificultades a las que se enfrentan esas personas. Todo ello es lo que se conoce con el nombre genérico de accesibilidad.

Esta actividad incluye la aplicación de conocimientos procedentes de diversas disciplinas tales como la informática, la telemática, la

¹⁴ La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha concluido los trabajos de revisión de una de sus clasificaciones, la dedicada a la discapacidad. La nueva versión se llama “Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud, conocida con las siglas CIF. Es la heredera de la Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDM) del año 1980”.

¹⁵ Se considera discapacidad a una diferencia individual que supera un límite más o menos arbitrario.

robótica, la IPO, la domótica, la inteligencia artificial, la tecnología multimedia, las ingeniería del software y mecánica, etc. Esta área de trabajo suele recibir el nombre de Tecnología de la Rehabilitación¹⁶, que presenta aplicaciones de la tecnología que tratan de evitar que una deficiencia o discapacidad dé lugar a una situación de minusvalía.

La denominación de Tecnología de la Rehabilitación proviene de traducir la expresión anglófona *Assistive Technology*. En principio, parece que esta traducción no es la más acertada y debería ser algo así como Tecnología Asistencial, pero se adopta Rehabilitación porque asistiva o asistencial es un término sin ningún arraigo en castellano y porque en el ámbito que tratamos la palabra rehabilitación se refiere tanto a la “recuperación” de las capacidades perdidas como al soporte para la “habilitación” a las personas que no pueden recuperarlas. Ejemplos correspondientes a esta tecnología son las pantallas y lectores en sistema Braille, el software amplificador de pantalla o los dispositivos de *eye tracking*, o incluso “equipos” menos sofisticados como una lupa, un grabador de cinta o un cojín para mejorar una postura.

Los proyectos en Tecnología de la Rehabilitación tienen características propias que pueden hacer fracasar iniciativas que, siendo interesantes desde el punto de vista tecnológico, ignoran los aspectos de usuario. Los puntos que suelen generar las mayores dificultades son [ABA98]:

- *Detección de las necesidades de usuario.* La aparición de determinados avances tecnológicos suele sugerir a los investigadores una serie de beneficios que las personas con discapacidad podrían obtener de su aplicación. Basándose en estas apreciaciones, en ocasiones se organizan costosos proyectos de investigación cuyos resultados son rechazados por los usuarios porque no satisfacen sus necesidades reales. Cualquier proyecto, y especialmente en esta área, exige realizar un estudio previo de necesidades de usuario usando una metodología de estudio y detección seria y rigurosa.
- *Evaluación de los resultados.* A menudo la evaluación de los dispositivos finales se realiza demasiado tarde y al usuario no le queda más remedio que aceptarlos como son. Para evitarlo, los proyectos deben desarrollar prototipos intermedios para que sean evaluados por usuarios reales en una fase en la que sus críticas y sugerencias puedan ser incluidas en el diseño final.
- *Aspectos éticos y sociales.* El investigador no puede ser ajeno a las consecuencias éticas y a los efectos sociales de la solución tecnológica que propone. La tecnología “invasiva”, los sistemas que coartan la libertad de decisión del usuario, los sistemas que

¹⁶ Por su parte, ISO define la Tecnología de la Rehabilitación, o *Assistive Technology*, como aquellos productos hardware o software utilizados por personas con discapacidades para que puedan realizar sus tareas [ISO03].

monitorizan y vigilan sus movimientos, deben ser limitados a lo estrictamente necesario.

- *Uso de tecnología económica.* Las personas con discapacidad no suelen tener capacidad económica como para adquirir equipamiento muy sofisticado. Incluso en los países en los que este tipo de ayudas recaen en los servicios de asistencia social, el precio máximo de los sistemas resultantes condiciona fuertemente el éxito de los proyectos.
- *Uso de tecnología proporcionada al problema.* La tecnología demasiado sofisticada es difícil de utilizar. Como regla básica, no deben “tecnificarse” aquellos problemas que pueden ser resueltos sin tecnología¹⁷ o con dispositivos más sencillos.

Los tres primeros problemas se resuelven más fácilmente si en el grupo de trabajo hay representación de los usuarios, es decir, las propias personas con discapacidad o personal asistencial. Los dos últimos se pueden enfocar más fácilmente si en el consorcio hay industrias que tengan interés en comercializar el resultado.

No debemos olvidar que, a pesar de ser una área joven, la Tecnología de la Rehabilitación ha desarrollado metodologías propias para poder enfrentarse a los problemas específicos que presentan las personas con discapacidad. Cuando se proyecta un proyecto de investigación en este campo es necesario recurrir a estas metodologías para construir sobre las bases establecidas por proyectos anteriores y para no repetir sus errores.

12.1. Iniciativa eEurope: Una Sociedad de Información para todos

La Comisión Europea puso en marcha la iniciativa eEurope el 8 de diciembre de 1999 bajo la denominación “*eEurope. Una Sociedad de Información para todos*”, que fue acogida favorablemente en el Consejo Europeo celebrado en Helsinki en diciembre de ese mismo año. A petición de los Jefes de Estado y de Gobierno, la Comisión preparó el plan de acción eEurope 2002, que fue aprobado en el Consejo Europeo celebrado en Portugal en junio de 2000 [EEU00].

Con esta iniciativa se pretende que Europa sea capaz de explotar sus

¹⁷ Aspecto que debe ser aplicado en otros ámbitos aunque no se traten de tecnologías de rehabilitación. Recordemos si no el ejemplo de los astronautas y los cosmonautas del capítulo introductorio.

puntos fuertes y superar los obstáculos que aun se oponen a la asimilación de las tecnologías digitales mediante tres **objetivos** clave:

- a) Conseguir que todos los ciudadanos, hogares, escuelas, empresas y administraciones estén conectados a la red.
- b) Crear en Europa una cultura y un espíritu empresarial abierto a la cultura digital.
- c) Garantizar que la Sociedad de la Información no se traduzca en un factor de exclusión social.

Para su consecución se definieron diez áreas prioritarias entre las que, por su directa referencia a la accesibilidad, cabe destacar la “participación de las personas con discapacidad en la cultura electrónica”.

La iniciativa eEurope continúa su evolución y en mayo de 2002 aparece una nueva comunicación de la Comisión presentando el Plan *eEurope 2005* [EEU02] para ser presentada en el Consejo Europeo de Sevilla en junio del mismo 2002. En el mencionado Consejo de Sevilla se aprueba apoyar dicho plan, que, según palabras de Erkki Liikanen, Comisario Europeo para la Empresa y de la Sociedad de la Información, constituye *un paso crucial hacia el objetivo de Lisboa de convertir a Europa en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo para 2010*.

Que la sociedad de la información reporte ventajas para la sociedad en su conjunto es el objetivo general de este plan; difícilmente se conseguirá si se deja atrás a alguien, si se olvida a todos los implicados. La meta es crear una sociedad de la información para todos los europeos para no crear nuevas divisiones en la sociedad. Por ello, todas las líneas de acción de *eEurope 2005* aspiran a facilitar la “*inserción electrónica*”, para brindar oportunidades a todo el mundo, aumentar las calificaciones y velar para que la sociedad de la información sea accesible a las personas con necesidades especiales y a las que no estén familiarizadas con los ordenadores [CE02].

Todos los aspectos mencionados en *eEurope 2005* están enfocados hacia la creación de un entorno favorable para que la inversión privada encuentre *los servicios, las aplicaciones y los contenidos* por una parte y, por otra, una *infraestructura de banda ancha que sea segura*. Lo cual **no será posible**, tal como en repetidas ocasiones el propio plan menciona, **sin adoptar y recomendar directrices de accesibilidad** a las aplicaciones para que todas las personas dispongan de las oportunidades referenciadas por el plan.

13. Estándares ISO relacionados

En este trabajo se ha pretendido realzar aquellos aspectos referentes a la calidad que garantizan que el proceso de desarrollo software sea competitivo.

Cuando uno hace referencia al concepto de la calidad rápidamente emergen las siglas ISO correspondientes el acrónimo anglófono del Organismo Internacional para la Estandarización (*Internacional Standardisation Organization*). Este organismo constituye una federación internacional que agrupa estándares nacionales creando los estándares internacionales que rigen las normativas de calidad de todo el planeta. El trabajo de preparación de estos estándares internacionales normalmente se lleva a cabo mediante Comités Técnicos (*Technical Committees*, TC) formados por los miembros interesados en la materia para la que se ha establecido el comité, tomando parte también en este trabajo las organizaciones internacionales, gubernamentales o no gubernamentales interesadas en el sujeto concreto de cada comité. Por ello habitualmente encontramos las normativas referenciadas con las siglas ISO/TC xxx, dónde xxx es el número atorgado al comité técnico de la norma redactada.

ISO colabora estrechamente con la Comisión Internacional Electrotécnica, IEC (*International Electrotechnical Commission*) formando en este caso las normas referenciadas con las siglas ISO/IEC.

En este apartado se enumera la serie de normativas ISO que se relacionan con el trabajo aquí presentado, que han servido para formalizar los aspectos cualitativos de la propuesta presentada. Estas normativas son:

- ISO/IEC 9126: International Standard (1991). Software engineering–Product Quality [ISO91b].
- ISO/IEC 9126-1: International Standard (2001). Software engineering–Product Quality–Part 1: Quality model. [ISO01].
- ISO 13407: International Standard (1999). Human-centred design processes for interactive systems [ISO99].
- ISO 9241-11: International Standard (1999). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)–Part 11: Guidance on usability. [ISO98].
- ISO/TS 16071: International Standard –Technical Specification–(2003). Ergonomics of human–system interaction – Guidance on

accessibility for human-computer interfaces. Primera edición [ISO03].

Capítulo 3

LA INTERFAZ DE USUARIO

Durante los últimos años las consideraciones acerca del conocimiento de los factores humanos para aplicarlos al campo de la ingeniería informática han crecido enormemente.

Encontramos uno de los principales motivos de este crecimiento en el hecho que los sistemas basados en ordenadores se utilizan para un espectro cada vez más amplio de actividades humanas, ya que millones de usuarios cada vez más diversos diariamente utilizan, o mejor dicho, *se enfrentan* a estos sistemas sin ser, ni mucho menos, unos entendidos de la tecnología informática.

Otro motivo es que el creciente desarrollo de sistemas de dispositivos portátiles con potenciales de conectividad sin cables (*wireless*) y de reducido tamaño¹⁸ impone severas restricciones en el diseño: Las pantallas son pequeñas con pocos botones y controles reduciendo a la mínima expresión la tolerancia a errores.

La interfaz de usuario es, en la mayoría de los casos, el componente más crítico del sistema. Usuarios y operadores generalmente no entienden acerca del mundo interno de los ordenadores compuestos por bits, bytes, ficheros, circuitos, etc. Es más, conocen el sistema a través de su interfaz, el texto, las imágenes o los sonidos que aparecen en los dispositivos de salida de dicho sistema (pantalla,

¹⁸ Debido al continuo progreso del hardware y del desarrollo del software, surgen una serie de dispositivos dotados de capacidad computacional que facilitan la movilidad de sus usuarios. Pequeños asistentes personales portátiles combinan computadores de alta velocidad y bajo consumo con la comunicación sin cables, almacenamiento de datos cada vez mayores en espacios cada vez más reducidos, pequeñas pantallas de color con calidad y resolución cada vez más altas junto a tecnología para el procesamiento de vídeo y habla. Todo ello está configurando el marco de la “*Nueva Generación Informática*”, que proporciona una enorme libertad a los usuarios no sólo para comunicarse eficazmente desde cualquier lugar del mundo, sino también para acceder a información, ya sea local o ubicada en Internet, a la que se puede acceder con independencia espacial y temporal.

Constatamos que este cambio viene definido por el factor del paso del paradigma de sobremesa, en el que el usuario interactúa con la información desde un ordenador situado en una mesa de trabajo, al paradigma de la computación ubicua o pervasiva [RIN01], en el que el usuario ya no tiene que estar “sujeto” a un lugar concreto para acceder a la información, sino que dispone de diversos dispositivos que le permiten realizar estas tareas.

altavoces...). **En el mundo de los ordenadores para el usuario: “La interfaz es el sistema”.**

Tras un dilatado trabajo desarrollando sistemas interactivos como los descritos en el primer capítulo, podemos obtener muchas conclusiones, de las cuales queremos destacar una de ellas por encima de todas: **¡Actualmente sobra tecnología!**

Esta afirmación puede parecer contradictoria, aun más viniendo de alguien cuya actividad principal es precisamente conocer la tecnología y trabajar con ella. El problema radica en que los usuarios son incapaces de explotar las posibilidades que dicha tecnología ofrece, hecho que se produce, no porque ésta no esté disponible ni suficientemente desarrollada y probada, sino porque las interfaces que permiten usarla son incapaces de transmitir correctamente las posibilidades interactivas de la misma. Disponemos, por tanto, de mucha tecnología que no va a ser aprovechada o que lo hará de manera totalmente ineficiente: *Los usuarios sólo son capaces de explotar las posibilidades que la tecnología ofrece si sus interfaces transmiten dichas posibilidades.*

Habitualmente se incide en el avance de la tecnología sin realizar el mismo esfuerzo en ver cómo ésta va a ser presentada a las personas para que puedan complacerse de ella. De ahí que reivindicemos la necesidad de incidir en el aprovechamiento de los conocimientos humanos que complementen a los tecnológicos para un diseño de interfaces correcto, que sea capaz de ofrecer aspectos tangibles y no estresantes a sus usuarios.

Una de las principales motivaciones de este trabajo de investigación (como ya se ha apuntado en el primer capítulo) es precisamente estudiar y dar una respuesta a dicha reivindicación.

14.El usuario

A lo largo de todo este documento aparece un concepto al que se hace referencia constantemente y de alguna manera es el punto sobre el que pivota todo el trabajo: *El usuario*. Veamos pues que se entiende por el término usuario en el contexto de los sistemas interactivos.

Consideraremos, pues, que un usuario de un sistema interactivo es aquella persona que interactúa con el sistema, lo controla

directamente y utiliza los recursos (información, resultados, etc.) del mismo [SHA99]. En definitiva, la persona que utiliza el sistema.

15.El concepto de interfaz

Una interfaz es una superficie de contacto que refleja las propiedades físicas de los que interactúan, y en la que se tienen que intuir las funciones a realizar y nos da un balance de poder y control [LAU92].

Constantemente encontramos ejemplos de interfaces en la vida cotidiana: En el caso de una puerta, el pomo es la interfaz entre ésta y la persona. En una bicicleta, el manillar, el sillín y los pedales son la interfaz entre la bicicleta y el ciclista.

Es muy importante darse cuenta en un primer nivel de que la interfaz refleja (o debe reflejar) las cualidades físicas de las dos partes de la interacción.

En el ejemplo de la puerta, el pomo está hecho de un material sólido y está bien pegado a ella, el cual, por otra parte, como tiene que interaccionar con la mano, está perfectamente visible y puesto a la altura de ésta, y tiene una forma que se le adapta.

Encontramos, pues, dos conceptos básicos a tener en cuenta a la hora de diseñar una interfaz:

- a) La *visibilidad*: Para poder realizar una acción sobre un objeto ha de ser visible.
- b) La *comprensión intuitiva*, o propiedad de ser evidente la parte del objeto sobre la que hemos de realizar la acción y cómo hacerlo. Este principio se conoce como *affordance*¹⁹ [NOR90] y constituye un concepto básico de vital relevancia en el diseño de cualquier tipo de interfaz.

16.La interfaz de los sistemas interactivos

En el uso de sistemas interactivos utilizados por personas las entidades anteriormente mencionadas por LAUREL [LAU92] son

¹⁹ El término *affordance*, por su destacada importancia, es uno de los que más ha dado que hablar entre los profesionales relacionados con el diseño de interfaces de usuario. Hablaremos de este concepto al tratar los factores humanos más adelante en este mismo capítulo.

precisamente la persona y el ordenador.

Encontramos ejemplos de interfaces entre personas y ordenadores en muchas situaciones de nuestra vida cotidiana: En los teléfonos móviles, en el cajero automático, en algunos supermercados, en la balanza de la farmacia, en una cámara fotográfica, en dispositivos médicos, en el horno microondas de la cocina, en el termostato programador de la calefacción, en el navegador GPS del automóvil, etc. y, en situaciones especiales, como en la realidad virtual, en el futuro llegará a estar en perfecta simbiosis con nuestro cuerpo.

Además de la interacción física entre usuario y ordenador, debe añadirse el nivel cognitivo necesario para que la persona comprenda el protocolo de interacción y actúe sobre la interfaz interpretando sus reacciones adecuadamente. Podemos decir, por tanto, que:

La interfaz de usuario de un sistema consiste en aquellos aspectos del sistema con los que el usuario entra en contacto, física, perceptiva o conceptualmente, mientras que los aspectos del sistema que están escondidos para el usuario se denominan implementación [MOR81a].

Para ampliar la comprensión del término se adjuntan definiciones de otros reconocidos autores como NEGROPONTE que indica que *la interfaz es el sitio donde los bits y las personas se encuentran* [NEG94] y Gerrit van der VEER quien define *la interfaz como el conocimiento que los usuarios pueden y deberían tener para poder utilizar satisfactoriamente el sistema* [VEE97].

Y para estar de acuerdo con los principios de diseño anteriormente mencionados, esta interfaz debe ser visible y tener la capacidad de comprenderse intuitivamente.

Desde el punto de vista del usuario —como ya se ha apuntado antes— la interfaz de usuario es todo el sistema: La parte que el usuario ve, oye, toca y con la que se comunica; para él no existe nada más, no le importa cómo éstas se llevan a cabo, sólo está interesado en las funcionalidades que utiliza y no es consciente de aquellas que la interfaz le esconde. Tan sólo interacciona con el ordenador para poder realizar una serie de tareas y solamente está interesado en los resultados de las mismas, mostrados precisamente por dicha interfaz.

Así, una *interfaz de usuario pobre* origina un tipo de problemas que incluye la reducción de la productividad, un incremento del tiempo de aprendizaje y niveles de errores inaceptables.

Otro aspecto importante a tener en cuenta de *la interfaz* es que ésta *debe ser para todos los usuarios*, sin marginar a las personas que por alguna que otra razón tienen algún tipo de discapacidad, temporal o

permanente, que les impida acceder a las características de la misma [TCU97].

En la interfaz tendremos también en cuenta aspectos relacionados con la ergonomía²⁰, o de la organización de la que forma parte el usuario, de los aspectos culturales, o con problemas físicos o cognitivos que pueden dificultarle el acceso al sistema.

Finalmente, tampoco podemos olvidar que, aunque no suele caerse en esta reflexión, también forma parte de la interfaz entre la persona y el ordenador cómo está sentada o cómo es la organización de la que forma parte, su ámbito cultural, su entorno, etc.

Nuestra idea de ordenador hasta hace poco era la de un dispositivo con el que interaccionamos a través de una pantalla con un teclado y un ratón, sentados en una silla. Esta situación ha cambiado radicalmente, ahora el ordenador se ha incrustado en todas nuestras actividades cotidianas y se encuentra prácticamente en cualquier situación. Esta reflexión es fundamental para que investigadores del ámbito de una disciplina como la Interacción Persona-Ordenador sean capaces de abordar es estudio y el desarrollo de las interfaces de usuario con una perspectiva suficientemente amplia.

16.1.¿Por qué es tan importante estudiar la interfaz de usuario?

El diálogo con el usuario constituye uno de los aspectos más importantes de cualquier sistema interactivo y es precisamente la interfaz la parte (hardware y software) del sistema que facilita dicho diálogo para permitir que el usuario acceda a los recursos del ordenador. En este sentido, THIMBLEBY [THI90] sugiere que la interfaz determinará en gran medida la percepción e impresión que el usuario poseerá de la aplicación.

Las personas no utilizan sistemas interactivos, sino que utilizan las interfaces que éste les proporciona, por tanto, tal como se ha comentado antes, una parte muy importante del éxito o fracaso de una aplicación interactiva depende de dicha interfaz.

²⁰ El *Diccionario General de la Lengua Española* define el término *ergonomía* como *el estudio de las condiciones de adaptación recíproca del hombre y su trabajo, o del hombre y una máquina o vehículo.*

Existen estudios científicos como el realizado por MYERS y ROSSON [MYE92], que a través de una encuesta hecha a desarrolladores demuestran que alrededor de un 48% del código de una aplicación está dedicado a la interfaz²¹.

Otros estudios²² demuestran que el 80% de los costes de mantenimiento de un sistema interactivo son debidos a problemas del usuario con el sistema y no con errores de código o *bugs*. Entre ellos, alrededor del 64% son problemas de usabilidad²³.

17.La Interacción Persona–Ordenador

La disciplina de Interacción Persona–Ordenador (IPO) se conoce en la comunidad internacional como *Human–Computer Interaction* (HCI) o *Computer–Human Interaction* (CHI), y para el mundo hispanohablante se ha adoptado la expresión de Interacción Persona–Ordenador (IPO) [LOR02].

ACM, *Association for Computer Machinery*, es actualmente la organización científica internacional más importante que agrupa a investigadores, docentes y profesionales interesados en todos los aspectos de la informática. Esta asociación tiene un grupo especial de trabajo en temas de IPO denominado SIGCHI, *Special Interest Group in Computer Human Interaction*, que propuso la siguiente definición de Interacción Persona–Ordenador:

Es la disciplina relacionada con el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para el uso de seres humanos, y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que está relacionado.

Además de ACM encontramos organizaciones y grupos de investigación interesados en la interacción entre las personas y los ordenadores distribuidos a lo largo de todo el planeta. En España y para todo el mundo hispanohablante nació a finales del 1999 AIPO²⁴,

²¹ El estudio mencionado data de hace más de 10 años y el desarrollo de software ha evolucionado muchísimo desde entonces, sobre todo en el aspecto visual de los sistemas, que no hace sino incrementar los porcentajes de este estudio.

²² Información obtenida del sitio web del proyecto *The CHISE Bridge: HCI, Usability and Software Engineering Integration and Cross–Pollination* [CHISE].

²³ La usabilidad de los sistemas interactivos se trata en profundidad más adelante en este mismo capítulo.

²⁴ El sitio web de la organización AIPO es <http://www.aipo.es>.

acrónimo de Asociación Interacción Persona–Ordenador, que sin perder su identidad propia dispone también de un enlace legal con ACM (CHISPA, *Computer–Human Interaction in SPain*). Su principal motivación es la promoción, investigación y difusión de la IPO²⁵ en todas sus vertientes, así como la organización de actos, jornadas científicas y técnicas y otro tipo de actividades relacionadas con dicha temática.

Otras organizaciones destacadas son el comité técnico *IFIP TC.13, IFIP Technical Committee on Human Computer Interaction*, de la organización internacional no gubernamental IFIP (*International Federation for Information Processing*) que trabaja en el procesamiento de la información, u organizaciones de carácter “local” como *British HCI* (en el Reino Unido), *Nord–CHI* (que aglutina los países nórdicos de Europa), *ISTI–CNR* (en Italia), *IRI–SA/INRIA* (en Francia), *HCIG* (en Grecia), *ETH Zurich “Man–Machine–Interaction”* (en Suiza), *IDG* y *SCHIL* (en Australia), *HCI program at NRC–IIT* y *UPA Montreal* (en Canadá), *IHC–Brasil* (en Brasil), *i’CHI* y *CHI South India* (en la India), por poner algunas de las más representativas.

17.1.Principal tema de la IPO

De forma genérica, la disciplina Interacción Persona–Ordenador está interesada en *todos los aspectos relacionados con el proceso de interacción que se produce cuando una o más personas entran en comunicación con uno o más ordenadores o sistemas interactivos*. Ello conlleva estudiar y conocer los *individuos* como parte integrante de grupos u organizaciones, las *condiciones* bajo las cuales el sujeto puede querer utilizar su dispositivo —no es lo mismo consultar la agenda sentado frente al ordenador personal que hacerlo mientras éste camina hacia una reunión—, así como también las *características físicas* que intervienen en dicha interacción —el usuario puede tener la visión o la movilidad disminuida y utiliza un software de lectura de la pantalla o de reconocimiento de la voz para manejar su ordenador.

²⁵ AIPO ha adoptado la expresión de Interacción Persona–Ordenador, e IPO como acrónimo, siguiendo el siguiente razonamiento: *Human* podría ser traducido como *hombre*, pero tiene connotaciones sexistas. Por otro lado, *ser humano* es demasiado largo, así que se pensó que *persona* (término que el diccionario define como individuo de la especie humana) sería más conveniente. En cuanto a la segunda parte, *Computer*, aunque en ocasiones ha sido traducido por *máquina* se pensó que era un término demasiado amplio y, por tanto, computadora u ordenador era más adecuado. De entre ambos, parece que *ordenador* es un término que se ha impuesto con más claridad en el mundo hispanohablante, por lo que al optar por él se llega a la expresión Interacción Persona–Ordenador.

La manifiesta importancia de la IPO incluso está recogida en un apartado de las normas ISO, en concreto en la ISO 13407 [ISO99], que describe como un proceso de diseño de sistemas basados en ordenadores centrado en el usuario para conseguir sistemas fáciles de utilizar y de aprender.

Este estándar proporciona un marco de trabajo (*framework*) para aplicar las técnicas en el diseño y la evaluación del Diseño Centrado en el Usuario, DCU (ver el siguiente apartado 18), especificando los tipos de actividades que deben realizarse durante el desarrollo de un sistema interactivo, aunque no pide, sino que recomienda técnicas o métodos particulares [BEV98].

No obstante, a pesar de su importancia, la IPO es una de las disciplinas que cuenta con menos dedicación en los estudios universitarios de Informática, por no mencionar otras disciplinas.

De todas formas, este aspecto parece que en un futuro muy próximo va a cambiar considerablemente. Actualmente (a marzo de 2004) y dentro del Programa de Convergencia Europea de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) se está desarrollando el proyecto *EICE: Estudios de Informática y Convergencia Europea* que tiene entre sus objetivos desarrollar el *Libro Blanco Convergencia Europea* para adaptar los planes de estudio de la educación superior al Espacio Europeo de Educación. Concretamente, en cuanto a los estudios de Ingeniería en Informática, el borrador del mencionado libro incluye el descriptor Interacción Persona-Computadora dentro de la categoría de contenidos específicos u obligatorios²⁶.

17.2.La interdisciplinariedad de la IPO

El excelente esquema, extraído del Capítulo 2 del *Curricula for HCI de ACM SIGCHI*, y que podemos ver en la figura c3_1, resume gráficamente todos los aspectos relacionados con la IPO [HEW97].

²⁶ En este momento aún no existe un documento formal al cual poder hacer referencia, no obstante esta información procede de la documentación del delegado de la Escuela Politécnica Superior de la Universitat de Lleida que asiste a las reuniones del grupo ponente del mencionado proyecto EICE.

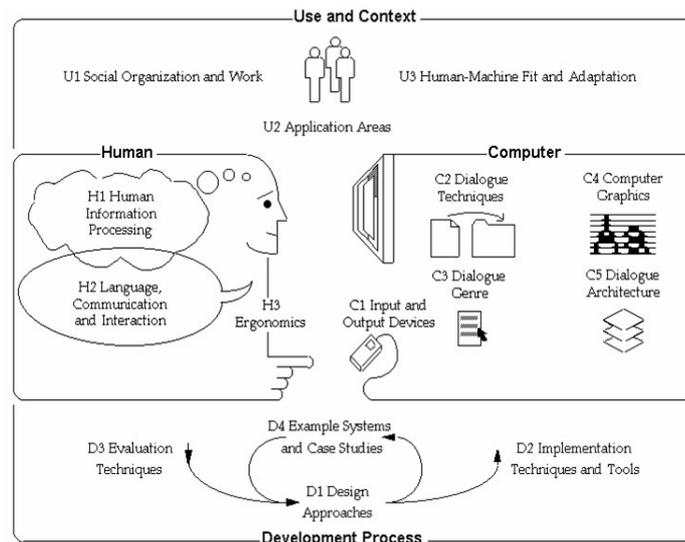


Figura c3_1: Imagen que resume la IPO y deja entrever la importancia de implicar personas procedentes de diferentes disciplinas o áreas de conocimiento

Por un lado, tenemos una persona con sus características del procesamiento de la información, de comunicación (lenguaje, comunicación, interacción) y físicas (ergonomía) que interactúa con un ordenador que tiene sus propias características tecnológicas que soportan dicha interacción. En medio están los dispositivos de entrada y de salida que “conectan a la persona con este ordenador” y se comunican mediante unas determinadas técnicas o reglas de diálogo que manejan diversos elementos de diseño (como por ejemplo las metáforas), todo ello soportado por la arquitectura interna del diálogo y por diversas técnicas de computación gráfica.

El esquema refleja además la idea de que *el individuo no está solo*, sino que realiza su trabajo dentro de una determinada organización social y para que ello sea posible existe un complejo proceso de desarrollo en el que *cada uno de estos componentes debe ser abordado con igual grado de implicación* y no caer en el error frecuente de centrarse solamente en la parte tecnológica y obviar la parte humana.

Todo ello conlleva inevitablemente a implicar a personas relacionadas con diferentes áreas de conocimiento en el proceso de desarrollo interfaces de usuario. Necesitamos trabajar los aspectos psicológicos del usuario, la ergonomía del equipamiento, los aspectos sociales, temas de diseño del sistema, de diseño gráfico, de comunicación, etc. En definitiva, tenemos que pensar en equipos interdisciplinarios que trabajen conjuntamente para desarrollar dichos sistemas.

Por la importancia que este aspecto ha supuesto (y supone) para los desarrollos realizados en nuestro grupo de investigación el está íntegramente dedicado a dicha multidisciplinariedad de los equipos de desarrollo.

18. Diseño Centrado en el Usuario (DCU)

Anteriormente se ha mencionado que el diseño de la interfaz está, o mejor dicho debe estar, centrado en el usuario. Pero ¿qué significa estar “centrado en el usuario”?

Para responder a esta pregunta reflexionemos primero con los casos de uso presentados como ejemplos reales de esta tesis:

Los elementos de control de los equipos de pesaje de la empresa PAYPER van a ser utilizados por personas de muy diversa procedencia con realidades culturales totalmente diferentes quienes, a parte de estar interesadas en conocer el peso de algún material o sustancia como parte de su proceso de trabajo, pocas cosas más esperarán del sistema.

A la recepcionista de la empresa de prefabricados podemos crearle un trauma, que podría incluso llevarle a presentar la dimisión, si no somos capaces de proporcionarle un sistema intuitivo y fácilmente operable desde su punto de vista con el que ser capaz de aprovechar su conocimiento adquirido.

Los visitantes, de muy diversa procedencia, del sitio web del centro excursionista cuando acceden a éste tienen un determinado contexto socio-cultural común que de reflejarlo la interfaz seguramente facilitará la interacción de éstos con el sistema.

Crear el sitio web interactivo para los jóvenes de Lleida puede ser un fracaso total si no somos capaces de utilizar el lenguaje comunicativo que utilizan los niños y niñas de las edades abarcadas. El sitio podría funcionar perfectamente... ¡para usuarios mayores!

Ningún visitante de un yacimiento arqueológico está acostumbrado a disponer de un sistema interactivo ubicuo para realizar dicha visita, por tanto, el sistema debe presentar un diseño y unas características ergonómicas que, en la medida de lo posible, le hagan olvidar que está interactuando con un sistema que nunca ha visto antes.

El usuario del sistema de comunicación aumentativa y alternativa será incapaz de utilizar el sistema si este no es accesible, pero esto no es suficiente. Las características de facilidad de uso deben extremarse al máximo; no basta con que el sistema ofrezca características relacionadas con la accesibilidad, el sistema debe ofrecer además facilidad de uso adaptada a la discapacidad en cuestión.

...y podríamos seguir así con todos los casos presentados.

Un mismo equipo de desarrollo, en el mismo lugar y con las mismas herramientas, es capaz de implementar toda esta variedad de sistemas. Sus respectivas interfaces podrían incluso parecerse y tener rasgos comunes. No obstante, parece evidente que si no se realiza un enorme esfuerzo en conocer las particularidades de los usuarios para cada caso en particular y reflejarlas en la interacción que ofrece la interfaz, éstos de ninguna manera podrán percibir la familiaridad necesaria que les proporcione seguridad y relajación durante la manipulación del sistema.

Este equipo de desarrollo pretenderá además que ese usuario encuentre una interfaz fácil de utilizar y de aprender, aspecto que no puede únicamente determinarse, como suele suceder, por los diseñadores o por los programadores del sistema interactivo, sino tendrán que determinarlo realizando una estrecha colaboración con los usuarios. *Conseguir este objetivo sólo es posible si implicamos a los usuarios en el proceso de desarrollo de los sistemas interactivos, implicación que debe realizarse desde el inicio de dicho desarrollo.*

Y no debemos confundir “implicar al usuario en el diseño del sistema” con “realizar el diseño del sistema pensando en el usuario”. Mientras la primera frase conlleva trabajar codo a codo con usuarios participando activamente en dicho diseño (diseño participativo [GAF99]), en la segunda estos usuarios no intervienen hasta el momento de la implantación definitiva del sistema. En definitiva, de poco sirve pensar en el receptor mientras se realiza algo para otra persona si solo “pensamos en ella”, sin conocer su opinión de primera mano.

Por tanto, y respondiendo a la pregunta anteriormente planteada, los sistemas interactivos son utilizados por usuarios, por lo que no podemos olvidarlos y relegarlos a la fase final de un proyecto —tras la instalación del producto— cuando ya poco puede hacerse en su beneficio. El diseño de sistemas interactivos implica realizar un diseño en el que el usuario pasa a ser el foco de atención y la implementación de las funcionalidades del sistema se implementan de acuerdo a las características de los mismos.

En todo este discurso no debemos olvidar nunca que centrarse en el usuario significa centrarse en *todos los usuarios*, sin que ello indique que debemos incorporar a todos los posibles usuarios de un determinado sistema, sino que debemos contemplar todos los rasgos diferenciales entre ellos, pensando incluso en aquellos que adolecen de alguna discapacidad [STE95].

18.1. Principios del Diseño Centrado en el Usuario

El Diseño Centrado en el Usuario de sistemas interactivos puede regirse por muchos y muy diversos principios. A continuación, se presenta una serie básica de dichos principios [USN03] que pueden ser vistos como una reformulación de los principios básicos de la ergonomía clásica y sobre los que reflexionaremos más adelante:

- Diseño para los usuarios y sus tareas.
- Consistencia.
- Diálogo simple y natural.
- Reducción del esfuerzo mental del usuario.
- Proporcionar realimentación adecuada.
- Proporcionar mecanismos de navegación adecuados.
- Dejar que el usuario dirija la navegación.
- Presentar información clara.
- El sistema debe ser amigable.
- Reducir el número de errores.

18.2. ISO 13407: Human-centred design processes for interactive systems

El estándar ISO 13407 [ISO99] constituye un marco que sirve de guía para conseguir el desarrollo de sistemas interactivos usables incorporando el DCU durante el ciclo de vida del desarrollo [BEV03].

El estándar describe las siguientes cuatro actividades que se necesitan desde un principio:

- a) Entender y especificar el contexto de uso.
- b) Especificar los requisitos de los usuarios y organizativos.
- c) Producción de soluciones de diseño.
- d) Evaluar los diseños confrontándolos con los requisitos.

Y la naturaleza iterativa de estas actividades está ilustrada en la siguiente figura:

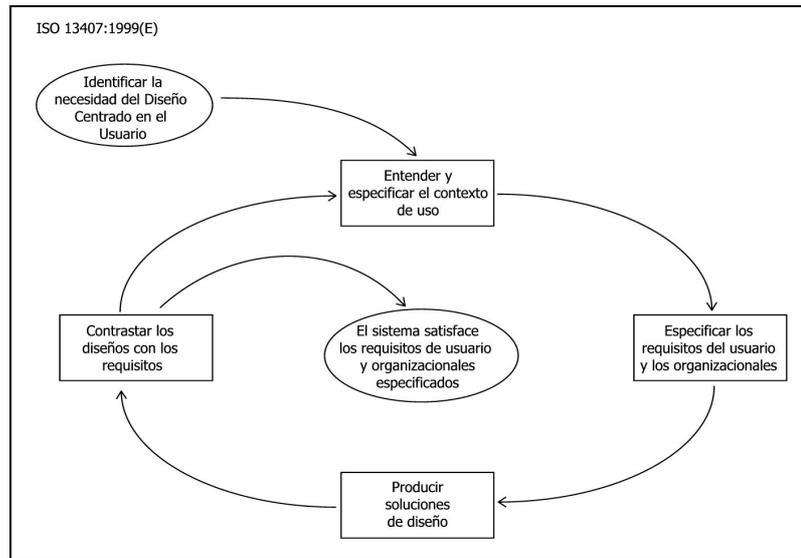


Figura c3_2: Interdependencia de las actividades del diseño centrado en el usuario (imagen del estándar ISO 13407 [ISO99, pág. 6])

El proceso implica iterar hasta satisfacer los objetivos marcados, para lo que ISO 13407 describe los principios básicos sin estipular métodos específicos. La secuencia de realización o seguimiento de las actividades y el nivel de esfuerzo y detalle apropiado a cada proyecto varía dependiendo del entorno de diseño y el estado del proceso del mismo.

18.3. Diseño Contextual

El diseño contextual es un método de diseño centrado en el usuario que permite entender mejor el entorno de trabajo de los usuarios y las necesidades que tendrán que cumplir los sistemas interactivos que para ellos se desarrollen.

Situarse en el contexto, entendiéndolo como el sitio donde tiene lugar la acción, permite disponer de *información sobre la experiencia actual en vez de la experiencia resumida y datos concretos en lugar de datos abstractos* que terceras personas pueden proporcionarnos.

Empieza por reconocer que cualquier sistema incluye una forma innata de trabajar, y así las funcionalidades y la estructura de un sistema fuerzan a los usuarios a aceptar ciertas estrategias, lenguajes y flujos de trabajo particulares.

En el diseño contextual se empieza investigando precisamente el contexto de uso en el que los desarrolladores del software se entrevistan con personas que utilizarán su producto (serán sus usuarios) para entender su particular manera de trabajar. El objetivo es captar la “empatía del cliente” para buscar la afinidad de ésta con el sistema en fases más avanzadas del proceso de diseño.

H. BEYER y K. HOLTZBLATT [BEY98], que probablemente son los máximos exponentes del diseño contextual, describen el proceso que guía a los equipos de diseño en el mencionado conocimiento y comprensión para rediseñar el trabajo de las personas mediante la ayuda de nuevos sistemas software. Proporcionan una serie de actividades focalizadas en los clientes y en su trabajo para no dejar las decisiones del sistema únicamente en las manos de las opiniones, anécdotas e intuiciones de los miembros del equipo de desarrollo.

El proceso de los autores anteriores incorpora una gran cantidad de técnicas centradas en el usuario en un proceso de diseño integrado que dividen en seis partes diferenciadas:

- a) *Indagación contextual (contextual inquiry)*: Revela los detalles y las motivaciones implícitas en el trabajo de las personas, hace del cliente y su trabajo necesidades reales de los diseñadores y crea un conocimiento compartido para el equipo.
- b) *Modelado del Trabajo (work modeling)*: Proporciona un lenguaje para hablar sobre el trabajo a compartir por los equipos y por medio de una serie de modelos se representa el trabajo de los clientes que ayudan a analizar los datos recogidos. Estos modelos son:
 - El *modelo de Flujo* define cómo se divide (comunica) el trabajo entre varias personas y cómo éstas se coordinan para realizar dicho trabajo. Con él se ofrece una visión global de la organización, se destacan los caminos de comunicación y se precisa la información que se comunica.
 - El *modelo Cultural* identifica procesos culturales y políticas de actuación que condiciona el trabajo. La influencia cultural impone restricciones, influye en las decisiones de las personas y determina la estructura de la organización.
 - El *modelo de Secuencias* muestra detalladamente los pasos seguidos para la consecución de las diferentes tareas.
 - El *modelo Físico* representa el entorno físico en el que se realiza el trabajo incluyendo el espacio de trabajo, las pautas de

movimiento, el posicionamiento de los objetos y como todo ello en conjunto influye en el trabajo.

- El *modelo de Artefactos* muestra como se utilizan y estructuran los diferentes objetos durante el transcurso del trabajo.
- c) *Consolidación (consolidation)*: Proporciona un mapa de la población de clientes o usuarios, permite un afloramiento muy rápido de una gran cantidad de datos cualitativos, facilita la identificación de las necesidades del cliente mostrando la estructura organizacional subyacente que utilizan los usuarios mientras realizan su trabajo.
- d) *Rediseño del trabajo (work redesign)*: Orienta al equipo para mejorar el trabajo evitando que este se “deje llevar” por la tecnología, asegura el encaje de los sistemas, las alianzas de negocio y los servicios con el trabajo práctico de los clientes.
- e) *Diseño del Entorno del Usuario (user environment design)*: Mantiene la coherencia del sistema desde el punto de vista del usuario capturando la estructura, la funcionalidad y el flujo del sistema. A su vez orienta al equipo de diseño en el uso del sistema y no tanto en la interfaz de usuario o en la implementación. También resulta útil para planificar las tareas del equipo de diseño y para dar una perspectiva de todo el sistema y no sólo de una parte del mismo.
- f) *Maquetas y tests con clientes (mockup and test with customers)*: Las principales virtudes de esta parte son que permite determinar errores en el nuevo diseño incluso antes de empezar con la codificación a la vez que crea el clima necesario para que los usuarios se involucren en el diseño del sistema como si de unos socios tecnológicos se tratara.

18.4.No confundir DCU con Diseño Centrado en el Uso

Hace unos años los ingenieros de desarrollo software Larry L. CONSTANTINE y Lucy A. D. LOCKWOOD propusieron el Diseño Centrado en el Uso [CON99] como una aproximación sistemática dirigida por modelos (*model-driven*) para el diseño visual y de interacción de interfaces de usuario en aplicaciones software y basadas en el paradigma web.

Como su nombre sugiere, el diseño centrado en el uso difiere del

diseño centrado en el usuario (DCU) que aquí se está tratando, primeramente porque en esta aproximación el foco de atención ya no es directamente el usuario, sino el *uso que éste hace del sistema*, o sea en las tareas que éste desea realizar [CON03].

Este enfoque, aunque parece sólo una simple connotación semántica, pretende diferenciar en el énfasis de las prácticas con un impacto significativo en el ciclo de vida del desarrollo y en la integración con la ingeniería del software y su desarrollo.

El aspecto más importante del diseño centrado en el uso radica en que el diseño renuncia al tradicional modelo iterativo de las aproximaciones del DCU en favor de un proceso de diseño en el que las soluciones finales se derivan directamente de la definición de modelos robustos y precisos que reflejan las verdaderas necesidades de los usuarios. El objetivo es un diseño inicial que requiere una limitada fase de prueba o test de usabilidad a partir de un mínimo refinamiento. La siguiente tabla resume las diferencias más notables existentes entre ambas aproximaciones [CON03]:

	Diseño Centrado en el USUARIO	Diseño Centrado en el USO
Enfoque principal	<ul style="list-style-type: none"> • Los usuarios (experiencia y satisfacción del usuario). 	<ul style="list-style-type: none"> • El uso (mejora de las herramientas para el cumplimiento de las tareas).
Dirigido por	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Input</i> del usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos.
Implicación del usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Alta (estudio de los usuarios, diseño participativo, <i>feedback</i> del usuario, usuarios en las pruebas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Selectiva (modelado exploratorio, validación de modelos, evaluación de la usabilidad con métodos de inspección —estructurada).
Descripciones	<ul style="list-style-type: none"> • Usuarios y sus características. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de relaciones entre usuarios y sistemas.
Diseño por	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipado iterativo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelado.
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Variado, a menudo informal (bajo nivel de especificación). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemático y completamente especificado.
Proviene de	<ul style="list-style-type: none"> • Una evolución mediante métodos de prueba-y-error. 	<ul style="list-style-type: none"> • Una derivación de la ingeniería del software.

Tabla c3_1: Diferencias entre el Diseño Centrado en el Usuario y el Diseño Centrado en el Uso

Sus autores y defensores respaldan la teoría de que el DCU surgió

como una disciplina separada de la Ingeniería del Software (como ciertamente es), mientras que el diseño centrado en el uso emerge de las bases de la misma utilizando extensiones de modelos y técnicas como los casos de uso y los actores [CON01].

18.5. Diseño de Sistemas Centrados en los Usuarios vs Diseño de Sistemas Dirigidos por la Tecnología

Desarrollar sistemas siguiendo una aproximación DCU no es fácil, menos si pensamos en que el diseño de los sistemas que hasta ahora se han realizado ha seguido los principios de la Ingeniería de Software, cuyos enfoques están principalmente dirigidos por la tecnología.

Sabemos que este cambio de mentalidad no puede materializarse de la noche al día. Aun así es conveniente conocer las características de cada una de las dos aproximaciones para poder decidir cuál es la que más nos conviene utilizar. El siguiente cuadro, que resume comparativamente las características de ambas aproximaciones, nos será de utilidad cuando nos planteemos tal decisión:

Diseño de sistemas Centrados en el Usuario	Diseño de sistemas Dirigidos por la Tecnología
• Dirigido por el usuario.	• Dirigido por la tecnología y los desarrolladores.
• Enfocado por la solución.	• Enfocado por los componentes tecnológicos.
• Equipos de trabajo multidisciplinares que incluyen a usuarios, desarrolladores, clientes, expertos en usabilidad...	• Contribución individualista o grupos de técnicos.
• Enfocado por los atributos de usabilidad: efectividad, eficiencia y satisfacción.	• Enfoque principal: La arquitectura interna y tecnológica del sistema.
• Calidad definida por la usabilidad (calidad en el uso).	• Calidad medida por los defectos del producto y de rendimiento (calidad del sistema).
• Las soluciones se implementan a partir de validaciones de usuarios.	• Implementación previa a cualquier validación de usabilidad (sólo respecto a validación funcional).
• Soluciones acordes a la comprensión del contexto de uso: Usuario, tarea y entorno.	• Soluciones dirigidas por requisitos funcionales.

Tabla c3_2: Tabla comparativa de las características del Diseño de Sistemas Centrados en los Usuarios con el Diseño de Sistemas Dirigidos por la Tecnología [GUL03]

19.El factor humano

Los seres humanos estamos sujetos a pérdidas de concentración, cambios en el carácter, en la motivación o en las emociones. También tenemos prejuicios y miedos, y cometemos errores y faltas de juicio.

Al mismo tiempo, podemos protagonizar hechos remarcables, percibir y responder rápidamente a estímulos, resolver problemas complejos, crear obras de arte y coordinar acciones con otras personas en una orquesta, pilotar aviones o protagonizar una película.

En el pasado los diseñadores de sistemas informáticos no habían dado importancia al elemento humano porque se suponía que sin mucho esfuerzo los usuarios podían aprender y hacer uso de los sistemas y las aplicaciones desarrolladas. No obstante, y como probablemente todos conocemos por la experiencia, el uso de los sistemas es muchas veces difícil, complicado y frustrante.

No debemos olvidar que en todo proceso interactivo una parte, la más importante, la constituye la persona que interactúa con el sistema, por lo que esta no puede pasar desapercibida. Es importante comprender los aspectos humanos de la informática y dentro de los mismos el sistema cognitivo²⁷, porque nos puede ser muy útil para definir modelos de interfaces que se adapten más fácilmente a los modelos cognitivos del ser humano.

NORMAN [NOR86] ha señalado que un modelo psicológico de la interacción debe servir para especificar cómo las variables psicológicas se relacionan con las variables del sistema. Según este autor, un usuario realiza siete actividades cuando interactúa con un sistema (figura c3_3).

²⁷ Se define cognición como la adquisición, mantenimiento y uso del conocimiento.

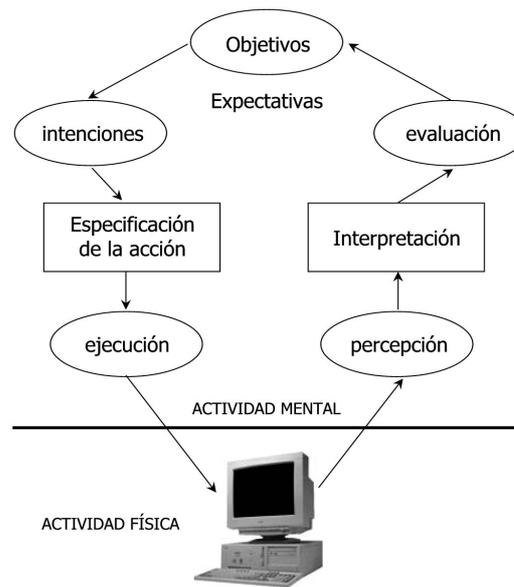


Figura c3_3: Actividades cognitivas de un usuario [NOR86]

19.1.Sensación y percepción

En psicología se suele distinguir entre sensación y percepción.

Se habla de *sensación* refiriéndose al proceso de captación del estímulo físico del ambiente (luz, sonido, etc.) y su conversión en estímulos nerviosos que recorrerán los canales sensoriales hasta llegar al sistema nervioso central.

Por otra parte, se reserva el término *percepción* para referirse al proceso por el que asignamos significado a los estímulos que han entrado a nuestro sistema cognitivo captados por nuestros sistemas sensoriales. En definitiva, al hablar de percepción ya no hablamos de ondas electromagnéticas que llegan a la retina, sino de “objetos con colores y formas”.

19.1.1.Sensación: los canales de entrada

La interacción entre la persona y el ordenador ocurre cuando hay un intercambio de información entre ambas entidades. El ordenador presenta cierta información (*output*) en un formato físico determinado y la persona debe captarla a través de sus sentidos para después

procesarla. De la misma manera, la persona transmite cierta información al ordenador, quien la capta a través de sus sistemas de entrada (*input*).

Consecuentemente para comprender dicho proceso interactivo pasa inevitablemente por considerar y entender el funcionamiento de los sistemas sensoriales humanos.

El sistema visual. Interpretación de la imagen

Ver es obtener información a partir de la energía electromagnética que llega a los ojos desde la estructura espacial del mundo que nos rodea y los distintos aspectos que pueden distinguirse en él. Y lo que vemos es la imagen, que es producto de la luz definida como la porción del espectro electromagnético que puede ser detectado por el sistema visual humano.

El proceso entero de la interpretación de la imagen sigue todavía sin comprenderse completamente hoy en día; no obstante, sus principios básicos fueron analizados por D. MARR [MAR82], quien describiendo el proceso de extracción de formas de una imagen para construir viñetas de creciente complejidad descubrió que, a partir de la “masa de información” que la corteza óptica del cerebro humano recibe, crea su significado visual, que no es otro que la imagen que vemos.

El proceso interno de identificación, que por lo general trabaja correctamente, en ciertas ocasiones falla proporcionando una ilusión visual ambigua. En este caso, el cerebro realiza la interpretación a partir de la correspondencia con objetos almacenados en la memoria, que son distintos para cada persona; de ahí la ambigüedad.

Otro proceso que interviene en la interpretación de la imagen es la atención de la misma que realicemos. Una imagen puede tener puntos de mayor interés atencional que tendrán mayor importancia en nuestra memoria. El movimiento es el efecto más remarcable que automáticamente atrae nuestra atención.

Por tanto, la interpretación visual de las imágenes radica en que una mala interpretación de las mismas proviene normalmente del significado que cada uno le da. En resumen, “*lo que usted ve depende de lo que usted mira y lo que usted conoce*” [SUT03b].

El sistema auditivo. Interpretación del sonido y del habla

Mientras que la visión es actualmente el sentido dominante para la comunicación entre los sistemas interactivos y las personas, el oído está asumiendo un grado de importancia cada vez mayor. Como hemos visto con la visión, lo que oímos no se trata sólo del sonido que recibimos, sino de la interpretación que del mismo realizamos.

El aspecto más importante del sonido desde el punto de vista humano es el habla y la lengua. El sistema auditivo para interpretar el sonido realiza un proceso de clasificación de la entrada en tres categorías [SUT03b]:

- El ruido y los sonidos sin importancia, que tienen que discriminarse.
- El ruido significativo, que es el que realmente contiene el cuerpo del mensaje.
- Las expresiones significativas que componen la lengua.

El sistema auditivo, como pasaba con el visual, utiliza la experiencia pasada almacenada en la memoria para interpretar la entrada. La lengua hablada está llena de palabras mal pronunciadas, de oraciones inacabadas e interrupciones que aun así el mecanismo de interpretación es capaz de tener como una entrada correcta.

Además, el discurso hablado tiene diferentes connotaciones en función de la tonalidad o el volumen con el que éste es emitido, aspectos que los ordenadores actuales son incapaces de emitir, y ni mucho menos de reconocer e interpretar.

El tacto

Es evidente que los dos sistemas sensoriales anteriores tienen una implicación determinante a tener en consideración en los procesos interactivos. Planteémonos ahora la siguiente pregunta: ¿Por qué nos debemos preocupar por el sentido del tacto en IPO?

- En primer lugar, el tacto se está convirtiendo en un canal sensitivo importantísimo en el diseño de sistemas de realidad virtual en el que el usuario explora mundos virtuales con su cuerpo, principalmente con las manos. En este sentido, el

diseñador debe saber como el tacto activo²⁸ funciona cuando exploramos objetos y tratamos de descubrir sus propiedades.

- En segundo lugar, para personas con discapacidades visuales o auditivas es muy útil el sistema táctil. En este sentido, los diseños de interfaces son un desarrollo que se basa en la larga historia de sistemas alternativos de comunicación (ejemplo: Braille).

El sentido del tacto es mayoritario en nuestro cuerpo (la piel es nuestro sistema sensorial más grande) y contrariamente es al que normalmente dedicamos menor atención. Contiene muchas clases de receptores, que tienen terminaciones nerviosas libres o encapsuladas, aunque no existen unas claras divisiones entre todos los tipos de receptores de la piel y sus funciones.

Sistema cenestésico y vestibular

El sentido cenestésico es uno de los sentidos somáticos, llamados así porque proporcionan información sobre lo que está ocurriendo en nuestro cuerpo, tanto a nivel superficial como a nivel interno. Y el sistema conocido con el nombre de vestibular es el que nos proporciona información acerca de la orientación, el movimiento y la aceleración del cuerpo humano.

Estos sentidos son similares en el hecho de que raramente somos conscientes de ellos. Sus funciones incluyen básicamente el equilibrio, el mantenimiento de la cabeza en una posición erguida y el ajuste de los movimientos de los ojos para compensar los movimientos de la cabeza.

La importancia de este sentido en IPO está sobre todo en el contexto del diseño de sistemas de realidad virtual, en el que si no se tienen en cuenta sus características encontraremos problemas como mareos, náuseas o desorientación espacial.

El sistema olfativo

El sentido del olfato ha comenzado a ser explorado en IPO por las posibilidades que ofrecen los olores para crear mundos virtuales parecidos a los reales y las investigaciones sobre este sentido en IPO están comenzando tímidamente debido a las grandes dificultades que

²⁸ Al tacto activo también se le llama percepción táctil y es más preciso y útil que el tacto pasivo.

tiene para ser utilizado en el diseño de interfaces.

Además, en el contexto de las “interfaces emocionales”, el sentido del olfato adquiere una gran importancia porque tiene conexiones nerviosas directas con el sistema límbico, que es el encargado de procesar las emociones.

El olfato, que como el gusto es un sentido químico detectado por receptores a partir de la presencia de moléculas en el aire, tiene las siguientes importantes características que los hacen tan difíciles de tratar en IPO:

- Adaptación, si los receptores son expuestos durante mucho tiempo a un mismo olor pierden selectivamente la sensibilidad a ese olor.
- Existe una gran variación individual en la sensibilidad al olor, dificultando el diseño de interfaces olfativas para que sean usadas universalmente.

19.1.2.Percepción

La percepción comienza al recibir la información de las células receptoras, que son sensibles a uno u otro tipo de estímulos. Las vías sensoriales conectan al receptor periférico con las estructuras centrales de procesamiento. Existe, así, un procesamiento en paralelo de la información sensorial que es esencial para el modo en el que el cerebro forma nuestras percepciones del ambiente.

Pero el cerebro no registra el mundo externo simplemente a modo de un fotógrafo tridimensional, más bien construye una representación interna de los acontecimientos físicos externos tras haber analizado sus componentes con anterioridad. Veremos a continuación cómo se llevan a cabo estos procesos.

Organización perceptual de objetos y escenas

La distribución de elementos en una interfaz es una decisión que debe tomar el diseñador, guiado muchas veces por su propia intuición o en peores casos incluso por exigencias de espacio en la materialización física de dicha interfaz (por ejemplo, la pantalla del ordenador). Hoy por hoy existe suficiente información acerca de los procesos psicológicos que subyacen la percepción organizada de escenas, por lo que es posible proporcionar al diseñador las herramientas necesarias para decidir sobre la mejor distribución de

objetos en una interfaz.

Este fenómeno ha dado pie a que se estudien qué principios rigen la organización perceptual, cuyo máximo exponente han sido las llamadas *Leyes o Principios de Agrupación*, que dan como resultado el que varios elementos de la escena se perciban conjuntamente:

- a) *Proximidad*: Si dos objetos están cerca el uno del otro y alejados de los otros, tienden a ser percibidos conjuntamente.
- b) *Similitud*: Los objetos que comparten alguna característica perceptual (color, tamaño, orientación, textura...) tienden a ser percibidos conjuntamente.
- c) *Destino común*: Los elementos que se mueven en la misma dirección se percibirán agrupados.
- d) *Buena continuación*: Los elementos que pueden ser vistos como buenas continuaciones del otro tienden a ser percibidos como conjuntamente.
- e) *Cierre*: Los elementos formando una figura cerrada tienden a ser percibidos como agrupados.
- f) *Región común*: Los objetos colocados dentro de una misma región cerrada se percibirán agrupados.
- g) *Conexión entre elementos*: Objetos que están conectados por otros elementos tienden a ser agrupados conjuntamente.
- h) *Sincronía*: Los elementos visuales que ocurren al mismo tiempo tienden a ser vistos como un conjunto.

Organización perceptual y la tarea del usuario

La organización de los elementos puede facilitar o entorpecer el trabajo de un usuario sobre la misma. Una idea principal para un buen diseño propuesta por WICKENS [WIC92] es que la organización perceptual de la información debe estar supeditada a como el usuario lleve a cabo la tarea sobre la misma.

Por ejemplo, para encontrar información a través de un buscador, el usuario utilizará al menos un cuadro de texto y un botón que inicie la búsqueda. Siguiendo la idea de hacer compatibles la organización perceptual y la de la tarea, ambos elementos deberían estar juntos y acorde con la operación mental que el usuario desarrolle sobre las mismas: Si se escribe de izquierda a derecha, el botón de inicio debería aparecer a la derecha.

Percepción y atención

Al trabajar con una interfaz el usuario recibe con frecuencia mayor cantidad de información de la que puede procesar al mismo tiempo.

El proceso de la atención, en cuanto a la acción de fijar el pensamiento en una determinada cosa, funciona a modo de filtro que permite restringir qué información va a ser analizada en cada momento, evitando así una posible saturación del sistema cognitivo.

La relación entre la atención y la percepción es muy estrecha, en la medida en que solemos atender aquello que nos interesa percibir y normalmente se percibe aquello a lo que se atiende.

Se sabe que la atención se puede modular tanto desde el ambiente como por el propio usuario. Así, lo que entendemos por un estímulo “llamativo” (por ejemplo, una imagen con colores brillantes) nos atraerá más la atención que otro más sobrio. Pero incluso más importante puede llegar a ser la atención que venga dirigida por la persona. La medición de ésta última en entornos informáticos se suele realizar mediante el registro de los movimientos oculares del usuario mientras navega por la interfaz.

El dato más sorprendente es que las personas no rastreamos la totalidad de la imagen, sino que normalmente nos centramos en aquellas áreas de alto contenido informativo.

A partir del análisis particular de esas regiones, la persona se hace una idea de lo que tiene en frente. Por ello, es normal que el usuario pueda dejar de percibir grandes áreas de la imagen que han resultado ser poco informativas.

Un ejemplo de este fenómeno lo encontramos en la “*Ceguera al banner*”: Los usuarios con frecuencia no prestan atención a los *banners* que normalmente aparecen en la parte superior de las páginas web.

En un experimento, BENWAY [BEN98] pidió a los usuarios que buscaran información de unos cursos sobre Internet en una página concreta. Se pudo comprobar que las personas pasaban por alto un *banner* colocado en lo alto de la página que les informaba sobre el tema que debían buscar. La acción más común fue rastrear las opciones de los menús de la página, que aunque también conducían a la misma información llevaban más tiempo que mediante el uso del *banner*.

Por otro lado, la atención puede optar por dos formas dependiendo de la cantidad y tipo de estimulación y los objetivos de la persona. En lo que se entiende como **atención selectiva**, un usuario puede focalizar toda su atención en un elemento obviando la información

que provenga de otros canales perceptivos.

En segundo lugar, se habla de **atención dividida** para hacer referencia a la posibilidad de prestar atención por dos canales perceptivos o a dos elementos dentro del mismo simultáneamente.

Percepción y acceso al conocimiento

Conocimiento a través de las imágenes: el uso de iconos.

Cuando una persona lee un texto accede al conocimiento que tiene almacenado en la memoria semántica a través de la transformación fonológica de las palabras.

Este proceso lleva un tiempo determinado y puede verse interferido por numerosos factores, como por ejemplo que la codificación fonológica produzca una salida de sonido similar pero de significado distinto (ejemplo, leer “BOTA” y acceder al conocimiento de “BOLA”).

Las personas también podemos acceder a la información almacenada en la memoria a través de otras vías, como por ejemplo a través de imágenes (por ejemplo, al percibir un dibujo representando una impresora no es necesario acceder al código fonológico de la misma para recuperar su significado) [PAI80].

Por ese motivo las representaciones icónicas permiten un acceso directo y más rápido a la información semántica del objeto representado.

De hecho, con frecuencia la presentación de un icono para representar un objeto sencillo es mejor incluso que la inclusión del mismo icono y la palabra correspondiente. En este último caso, los procesos de codificación de la palabra ralentizan el acceso a la información representada y entorpecen la tarea.

La superioridad de la imagen sobre la palabra ha hecho que se investigue su uso en contextos informáticos a través de los iconos, llegando a conclusiones en forma de listas de recomendaciones para su utilización que no vamos a enumerar (no por carecer de importancia, sino por no ser relevante en el trabajo actual).

Conocimiento de la función de los objetos: las Affordances.

Cuando se elabora una interfaz, el diseñador desea que los usuarios

conozcan la función que van a desempeñar los distintos objetos de la misma. Por ejemplo, en una interfaz tipo web de nada sirve incluir un hipervínculo a través de una imagen si el usuario desconoce que pinchando sobre ella va a poder acceder a una nueva pantalla.

Tradicionalmente se ha pensado que las personas únicamente percibimos la función de un objeto a partir de lo que se podría llamar una inferencia: *Primero se reconoce el objeto* (p.e. la barra espaciadora), *a continuación se categoriza* (p.e. elemento de un teclado) *para acabar accediendo al conocimiento de su función* (p.e. pulsarlo para obtener un espacio en blanco en el texto).

Pero ésta, aunque cierta en muchos casos, no es la única forma de acceder a la información de la función de un elemento. Una forma de acceso más rápida es la que se conoce con el nombre de *affordances* (o captación intuitiva) *que son las funciones de un objeto que el observador percibe directamente a partir de su imagen* [NOR90], y constituyen un aspecto de importancia capital a la hora de diseñar las interfaces de los usuarios de los sistemas interactivos.

De esta manera, el objeto no tiene que ser ni reconocido ni categorizado para que su función se haga manifiesta. Así, para seguir con el ejemplo anterior, un usuario, al percibir una barra espaciadora, la primera impresión que tiene es la de estar ante un objeto “para ser presionado”.

Para maximizar la efectividad de las *affordances* es necesario que éstas cumplan una serie de requisitos que podemos ver resumidos en la siguiente tabla:

	Descripción
Forma funcional	La correspondencia entre la forma del objeto y su función debe ser lo más transparente posible. Ejemplo: Para que un objeto presente la <i>affordance</i> de “ser presionado” debe estar representado de tal forma que dé la sensación de tener volumen sobre una superficie.
Visibilidad al usuario	Elementos como los “links emergentes” que tan sólo aparecen cuando el usuario sitúa encima de los mismos el puntero del ratón, no son aconsejables en la medida en que no hacen visible su función a primera vista.
Acción coherente	La acción que siga al accionamiento de un objeto debe ser coherente con su <i>affordance</i> para facilitar su aprendizaje y uso. Ejemplo: Un botón para acceder a un menú oculto que se identifique con una flecha señalando hacia abajo, deberá presentar el menú desde ese punto y hacia abajo.
Relatividad del	Un problema de las <i>affordances</i> es que no suscitan la misma función a todo tipo de población.

observador	Ejemplo: Un banco en un parque puede presentar el affordance “sentarse en él” para un anciano, y “escalarlo” para un niño pequeño.
-------------------	--

Tabla c3_4: Requisitos que favorecen las *affordances* de los objetos

19.2.La memoria

La memoria humana participa prácticamente en todos los actos de la interacción de la persona con el ordenador. Un ejemplo muy común lo encontramos cuando un usuario quiere seleccionar una opción en un menú y debe recordar primero el nombre que recibe esa opción en la interfaz, y después en qué menú de los disponibles se encuentra (mientras mantiene activo el nombre de la opción).

Que la interfaz esté diseñada a partir del estudio derivado de las estructuras y procesos de la memoria humana podrá agilizar el trabajo que el usuario realice sobre la misma.

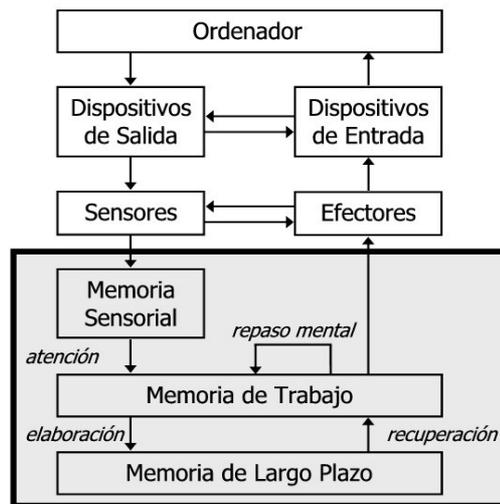


Figura c3_4: Componentes del sistema de memoria dentro del *modelo de Procesamiento de la Información Humano* [AND95]

La memoria se divide en una serie de sistemas [TUL83], cada uno con diferentes funciones, como por ejemplo almacenar información por unos pocos segundos o para toda la vida, información conceptual o eventos de la vida cotidiana, etc. Comprender los sistemas de memoria, encuadrados en la figura anterior, resulta de importancia capital a la hora de distribuir los elementos en las interfaces de los sistemas interactivos.

19.2.1. La memoria sensorial

Los procesos encargados de analizar la información que, de una forma rápida y continuada, llega a nuestros sentidos necesitan tiempo para realizar su función, pudiendo provocar pérdidas antes de su almacenamiento. Por esta razón, los canales sensoriales (o canales de entrada vistos anteriormente) tienen asociadas memorias donde la información se almacena por cortos períodos de tiempo (milésimas de segundo), y la función de estas memorias, sensoriales, es retener la información para que pueda ser transferida a la memoria de trabajo antes de que desaparezca.

Por poner un ejemplo, el recuerdo del color establecido por medio de la memoria visual, aquella cuya fuente de información es el sentido de la vista, es muy pobre en comparación con la memoria auditiva, cuya información proviene del oído. A menudo es posible repetir una melodía (almacenada en la memoria auditiva) que sólo se ha oído una o dos veces, mientras que si decimos “rojo” ante cincuenta personas cabe esperar que haya cincuenta rojos distintos en sus mentes; incluso aunque especifiquemos un rojo específico la percepción de todos ellos será distinta [ALB87].

La memoria sensorial se guarda básicamente en dos “almacenes”:

- a) El **almacén icónico**: Es el encargado de recibir la información visual. Se considera un almacén de gran capacidad en el que la información almacenada es una representación isomórfica de la realidad de carácter puramente físico (perceptual) y no categorial (aún no se ha reconocido el objeto).

Esta estructura es capaz de mantener 9 elementos aproximadamente por un intervalo de tiempo muy corto — alrededor de 250 milisegundos— [SPE60].

Los elementos que finalmente se transferirán a la memoria operativa serán aquellos a los que el usuario preste atención.

- b) El **almacén ecoico**, por su parte, mantiene almacenado los estímulos auditivos hasta que el receptor haya recibido la suficiente información para poder procesarla definitivamente en la memoria operativa.

Este intervalo temporal es de corta duración, pudiendo diferenciarse entre el almacenamiento de sonidos —250 milisegundos— y de palabras con significado —2 o más segundos.

19.2.2. La Memoria Operativa

La Memoria Operativa, llamada también Memoria de Trabajo o Memoria a Corto Plazo, es el sistema en el que el usuario maneja la información a partir de la cual está interactuando con el ambiente. Sus *funciones generales* abarcan:

- La retención de información.
- El apoyo en el aprendizaje de nuevo conocimiento.
- La comprensión del ambiente en un momento dado.
- La formulación de metas inmediatas.
- La resolución de problemas.

La información almacenada en esta memoria, aunque es más duradera que la almacenada en las memorias sensoriales, tiene ciertas limitaciones que se ponen de manifiesto en los efectos de primacía y recencia²⁹.

La siguiente característica es una de las más significativas para el desarrollo de las interfaces de los sistemas interactivos: La memoria operativa está limitada a aproximadamente 7 ± 2 elementos con un tiempo de acceso, si no se repasa, de 70 mseg durante 20 seg. Característica que se conoce como el *número mágico de Miller* [MIL56].

19.2.3. La Memoria a Largo Plazo

Este almacén hace referencia a lo que comúnmente se entiende por *memoria*, la estructura en la que se almacenan recuerdos vividos, conocimiento acerca del mundo, imágenes, conceptos, estrategias de actuación, etc.

Se trata de un almacén de capacidad ilimitada (o al menos desconocida) que contiene información de naturaleza muy diversa. Se considera como la “base de datos” en la que se inserta la información

²⁹ Cuando a las personas se les presenta una lista de elementos (palabras, dibujos, acciones...) para que sean memorizados, al cabo de un breve lapso de tiempo recuerdan con mayor facilidad aquellos ítems que se presentaron al principio (primacía) y al final (recencia) de la lista, pero no aquellos intermedios. El efecto de primacía disminuye al aumentar la longitud de la lista, pero no así el de recencia. La explicación que se da a estos datos es que las personas pueden repasar mentalmente los primeros elementos hasta almacenarlos en la memoria a largo plazo (que se explicará a continuación), a costa de no poder procesar los elementos intermedios. Los últimos ítems, por su parte, permanecen en la memoria operativa tras finalizar la fase de aprendizaje, por lo que estarían accesibles a la hora de recordar la lista.

a través de la memoria operativa para poder posteriormente hacer uso de ella. Su acceso es más lento —entre 1 y 10 seg.—, aunque a su favor debe indicarse que ocurre lo mismo con el proceso de pérdida.

La Memoria a Largo Plazo, MLP, a su vez se subdivide entre Memoria Declarativa y Procedimental.

- La **Memoria Declarativa** es la que contiene información referida al conocimiento sobre el mundo y experiencias vividas por cada persona (memoria episódica), así como información referida al conocimiento general, más bien referido a conceptos extrapolados de situaciones vividas (memoria semántica).
- La **Memoria Procedimental** nos sirve para almacenar información basada en procedimientos y estrategias que permiten interactuar con el medio ambiente, pero que su puesta en marcha tiene lugar de manera inconsciente o automática, resultando prácticamente imposible su verbalización. Puede considerarse como un *sistema de ejecución*, implicado en el aprendizaje de distintos tipos de habilidades que no están representadas como información explícita sobre el mundo.

19.3.Representación del conocimiento

En psicología se usa la palabra *conocimiento* haciendo referencia a la información que nuestro sistema cognitivo tiene almacenada.

Durante el proceso de interacción con el mundo las personas hacemos uso de información adquirida por nuestros procesos perceptuales y que tenemos almacenada en nuestra memoria a largo plazo.

El conocimiento no está almacenado de forma caótica, sino que está organizado en estructuras semánticas que facilitan su adquisición y su posterior recuperación.

19.3.1.Modelos mentales

Cuando una persona aprende a interactuar con un sistema (en el sentido más amplio del término no tiene porque ser interactivo) adquiere conocimiento sobre su funcionamiento y de las relaciones estructurales entre sus componentes. Los investigadores han llamado a este conocimiento “modelo mental” del sistema [MOR81b][GEN83], cuya representación presenta las siguientes características:

- a) Es *incompleta*.
- b) Es *ejecutable mentalmente*, es decir, el usuario puede mentalmente simular su funcionamiento.
- c) Es *inestable* en el sentido de que el usuario olvida sus detalles fácilmente.
- d) *No tiene unos límites claros* y se confunde con los modelos mentales de sistemas físicos similares.
- e) Es *acientífica* e incluye supersticiones y creencias erróneas sobre la conducta del sistema.
- f) Es *parsimoniosa* porque los usuarios prefieren reducir su complejidad.

La existencia de los modelos mentales y su importancia durante la interacción con los sistemas físicos ha sido demostrada en numerosos experimentos.

Por ejemplo, KIERAS y BOVAIR [KIE84] han estudiado cómo la comprensión del modelo de un sistema (panel de control de un circuito eléctrico) que describe el mecanismo interno del mismo afecta al aprendizaje y la ejecución de tareas con dicho sistema. En sus investigaciones, estos autores encontraron que un grupo de personas que dispone durante la fase de aprendizaje del modelo interno del sistema aprendía más rápido, recordaba de forma más exacta el funcionamiento del sistema, realizaba en menos tiempo las tareas que se le proponían y simplificaba con más facilidad procedimientos que eran poco eficientes.

Por otra parte, en las investigaciones llevadas a cabo por CAÑAS, BAJO y GONZALVO [CAÑ94], en las que se estudiaba el aprendizaje de lenguajes de programación, se encontró que los estudiantes de programación que recibían ayudas gráficas que facilitaban la adquisición del modelo mental del ordenador durante el aprendizaje mostraban una mejora en la representación del conocimiento sobre el sistema con relación a otros estudiantes que no recibían dichas ayudas.

El concepto de modelo mental es fácil de comprender si pensamos en ejemplos de nuestra vida cotidiana. Cuando interactuamos con los objetos que hay en nuestra casa lo hacemos con un modelo mental determinado: Por ejemplo, cuando encendemos la televisión tenemos un conocimiento de cómo funciona ésta. El conocimiento no tiene que ser perfecto ni amplio. Si sólo queremos encenderla y ver un programa, necesitamos saber que funciona con corriente eléctrica y que hay un interruptor, que las imágenes llegan a través de la antena, etc. Sin embargo, si somos técnicos que tenemos que reparar televisores, nuestro conocimiento sobre su estructura y funcionamiento debe ser más profundo, es decir, necesitamos tener un modelo mental más completo.

El modelo mental en el sistema cognitivo humano: relación con la memoria a largo plazo y la memoria operativa

Durante la ejecución de una determinada tarea la persona forma una representación mental en la memoria operativa o de trabajo que se combina con la información almacenada en la memoria a largo plazo, junto a información de características de la propia tarea extraídas de los procesos perceptuales, representación conocida como modelo mental del contexto determinado, que es, por naturaleza, dinámico.

El término modelo mental, anteriormente explicado, se ha matizado de diferente manera dependiendo del área desde la cual se ha estudiado. De todas formas, la principal diferencia radica en que mientras que para algunos investigadores el modelo mental dispone de una representación almacenada en la memoria operativa para otros la representación está en la memoria a largo plazo.

Para resolver este problema de definición CAÑAS, ANTOLÍ y QUESADA [CAÑ01a] reservan el término modelo mental para la representación dinámica que se forma en la memoria de Operativa, combinando la información almacenada en la memoria a largo plazo y la extraída del entorno de la tarea, y utilizan la denominación de modelo conceptual [YOU83] cuando se refirieren a la información que está almacenada en la propia memoria de largo plazo.

Los mismos autores proponen un modelo que intenta establecer una única definición de modelo mental y su localización en memoria. En la figura c3_5 se refleja la conceptualización de la definición de modelo mental y su papel en relación con los componentes del sistema cognitivo.

de similitud o proximidad conceptual que se establecen entre los conceptos.

Así, una persona que usa una herramienta informática, por ejemplo, un procesador de textos, tendrá una representación mental de los conceptos cuya relación o proximidad refleje su conocimiento de dicha herramienta.

Debido a esta relación entre aprendizaje y representación conceptual, es posible evaluar el nivel de aprendizaje estimando el grado en el que se ha adquirido esta representación conceptual mediante el uso de técnicas de evaluación que examinan cuál es la organización que tiene el usuario de los conceptos de una herramienta informática.

La idea que subyace al uso de estas técnicas es que si dos conceptos están relacionados porque se utilizan juntos para realizar una tarea, esta relación estrecha debe estar reflejada en la memoria del usuario. Las tareas que se realizan con la herramienta (escribir un texto, almacenarlo, recuperarlo, imprimirlo) requieren un conocimiento de los conceptos (partes del documento, organización del documento, localización del documento, etc.) que se manejan en la herramienta. Estos conceptos están relacionados entre sí por su afinidad en la realización de tareas.

20. Usabilidad y accesibilidad

Durante la implementación de todos los casos de las aplicaciones expuestas en la introducción de la tesis hemos realizado un esfuerzo especial en intentar que las interfaces de las mismas sean para sus respectivos usuarios lo más transparentes posible. Transparencia en el sentido de que es una propiedad que “no se ve, que pasa inadvertida”, que aplicada a una interfaz significa que el usuario sólo debe preocuparse de realizar su trabajo y no en cómo debe hacerlo.

Queremos proporcionar a los camareros de la cafetería, a los excursionistas, a la recepcionista de la empresa de prefabricados, a los operarios que utilizan los equipos de pesaje de Payper, a los jóvenes de Lleida que acceden a “su web”, a los futuros visitantes del yacimiento arqueológico con el nuevo sistema, al adolescente discapacitado... y, en definitiva, a todos los posibles usuarios de nuestros sistemas interactivos unas herramientas cuyas interfaces se manipulen de manera tan diáfana como la bicicleta, la silla de ruedas o el volante y el cambio de marchas del coche que habitualmente utilizan para desplazarse. Ejemplos en los que la mente del conductor está centrada en el tráfico, el estado de la calzada y las indicaciones hacia su destino, mientras sus manos y pies utilizan *la interfaz* de manera inconsciente.

Es de especial interés que estas interfaces sean lo más fáciles de usar y de aprender posible sin perder el horizonte acerca de la universalidad de las mismas; o sea que aplicando los principios conocidos como del *diseño universal* [TCU97] procuraremos además implementar unas interfaces para todas las personas, sin barreras (tecnológicas) de ningún tipo que interfieran su utilización.

La Sociedad de la Información y de la Comunicación (SIC) constituye un factor determinante que marca el desarrollo y la evolución de la sociedad actual. Contrariamente, esta SIC, la mayoría de las veces, no avanza en función de las necesidades de dicha sociedad a la que da servicio.

No todos tenemos las mismas capacidades ni aptitudes. Para personas con algún tipo de limitación funcional, manipular productos o utilizar los servicios que la vida diaria impone supone un reto muchas veces imposible de superar. Conceptos como ayudas técnicas, accesibilidad integral o diseño para todos son cada vez más utilizados para asegurar la independencia y participación social de las personas con movilidad o fuerza reducida, deficiencias en la visión o en la audición, dificultades para hablar u otras limitaciones funcionales.

Internet, por poner el ejemplo actual más paradigmático, ofrece acceso a todo tipo de recursos, servicios, cultura, educación, etc. Pero su desarrollo está manifestando que una vez más estamos tropezando de nuevo con la misma piedra al haber trasladado al mundo virtual problemas ya detectados en el mundo real. Y estamos en la obligación de evitar que se repitan los errores que suponen las barreras arquitectónicas habituales en las calles de nuestros pueblos y ciudades, tanto en Internet como en cualquier otro sistema interactivo.

20.1. Usabilidad

El concepto usabilidad, introducido por J. NIELSEN [NIE93], de un sistema software tiene dos componentes principales, una hace referencia al aspecto *funcional* del sistema —las acciones u operaciones que el sistema realiza— y otra a *cómo los usuarios pueden usar dicha funcionalidad*, siendo esta segunda la que nos interesará en este apartado.

Los factores principales que deben considerarse al hablar de usabilidad son la *facilidad de aprendizaje*, la *efectividad de uso* y la

satisfacción con las que las personas son capaces de realizar sus tareas gracias al uso del producto con el que está trabajando, factores que descansan en las bases del Diseño Centrado en el Usuario que hemos visto anteriormente.

El *grado de usabilidad* de un sistema interactivo es un aspecto relacionado con la interfaz de usuario que *es inversamente proporcional al tiempo que malgastan los usuarios de dicho sistema intentando averiguar el alcance de qué hace o dónde está una determinada funcionalidad*³⁰. Esta característica hace, por tanto, referencia a la rapidez y facilidad con que las personas llevan a cabo sus tareas a través del uso del producto con el que están trabajando, idea que descansa en cuatro puntos:

- a) Una **aproximación al usuario**: Usabilidad significa centrarse en los usuarios. Para desarrollar un producto usable se tiene que conocer, entender y trabajar con las personas que representan a los usuarios actuales o potenciales del producto.
- b) Un **amplio conocimiento del contexto de uso**: Las personas utilizan los productos para incrementar su propia productividad. Así pues, un producto se considera fácil de aprender y de usar en términos del tiempo que toma el usuario para llevar a cabo su objetivo, el número de pasos que tiene que realizar para ello y el éxito que tiene en predecir la acción apropiada para llevar a cabo. Para desarrollar productos usables hay que entender los objetivos del usuario, hay que conocer los trabajos y tareas del usuario que el producto automatiza o modifica.
- c) El producto ha de **satisfacer las necesidades del usuario y adaptarse a sus modelos mentales**: Los usuarios son gente muy diversa y ocupada intentando llevar a cabo una tarea. Se va a relacionar usabilidad con productividad y calidad. El hardware y el software son las herramientas que ayudan a la gente ocupada a realizar su trabajo y a disfrutar de su ocio.
- d) Son **los usuarios** y no los diseñadores o los desarrolladores, los que **determinan cuándo un producto es fácil de usar**.

Puntos en los que puede intuirse su estrecha relación con alguno de los apartados anteriores. Por ejemplo, la aproximación al usuario con el DCU o satisfacer las necesidades de éste con el factor humano, concretamente con la memoria y los modelos mentales.

³⁰ Cita no referenciada pero muy acertadamente frecuentemente menciona el Dr. Júlio Abascal de la Universidad del País Vasco, director del Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales, de la Universidad del País Vasco.

20.1.1. Definición

Coloquialmente suele definirse usabilidad como la propiedad que tiene un determinado sistema para que sea “fácil de usar o de utilizar y de aprender”; tratándose de una propiedad que no es sólo aplicable a los sistemas software, sino que, como muestra D. NORMAN en [NOR90], es aplicable a los elementos de la vida cotidiana.

Esta definición, que en esencia es correcta, no deja de ser incompleta ya que el término engloba muchas más connotaciones. Veremos a continuación una serie de definiciones propuestas por prestigiosas organizaciones y autores que nos ayudarán a comprender la usabilidad como concepto.

Definiciones ISO

El organismo de estandarización ISO (*International Standardisation Organization*) propone dos definiciones del término usabilidad, definidas dependiendo de los términos que considera en el momento de especificar o evaluar dicha usabilidad:

- **ISO 9241-11** (Guidance on Usability – 1998) [ISO98]³¹

Este estándar (que es parte de la serie ISO 9241) proporciona la definición de la usabilidad que se utiliza en estándares ergonómicos:

La medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado.

La efectividad es la precisión y la plenitud con la que los usuarios alcanzan los objetivos especificados. A esta idea van asociadas la facilidad de aprendizaje (en la medida en la que éste sea lo más amplio y profundo posible), la tasa de errores del sistema y la facilidad del sistema para ser recordado (que no se olviden las funcionalidades ni sus procedimientos).

Por eficiencia se entenderán los recursos empleados en relación con la precisión y plenitud con que los usuarios alcanzan los objetivos especificados.

Y por satisfacción se entenderá la ausencia de incomodidad y la actitud positiva en el uso del producto. Se trata, pues, de un factor subjetivo.

Esta norma explica cómo identificar la información que se necesita

³¹ La ISO 9241 es un borrador de estándar internacional para los requisitos ergonómicos aplicable a los terminales visuales en entornos de trabajo de oficinas. En la parte 11 de este estándar se discute la usabilidad para los propósitos de las especificaciones de requisito del producto y de la evaluación del producto.

considerar en el momento de especificar o evaluar la usabilidad en **términos de medidas de funcionamiento** y de **satisfacción del usuario**. La dirección se da en cómo describir el contexto de uso del producto y de las medidas de usabilidad en una manera explícita. Incluye una explicación de cómo la usabilidad de un producto se puede especificar y evaluar como parte de un sistema de calidad, por ejemplo, uno que sea conforme con el estándar ISO 9001.

También explica cómo las medidas de funcionamiento y de satisfacción del usuario se pueden utilizar para medir como un componente cualquiera de un sistema afecta la calidad del mismo dentro del contexto de su uso.

• **ISO/IEC 9126** (Software engineering—Product quality. Product evaluation—Quality characteristics and guidelines for their use, 1991) [ISO91b].

En la comunidad de la ingeniería del software el término usabilidad se ha asociado más comúnmente al diseño de la interfaz del usuario. La ISO/IEC 9126 (desarrollada como un estándar de la ingeniería del software) define la usabilidad como una contribución relativamente independiente a la calidad del software asociado con el diseño y la evaluación de la interfaz del usuario y su interacción. Dicha definición es la siguiente:

Un conjunto de atributos que influyen en el esfuerzo necesario para el uso, y en el asesoramiento individual de cada uso para un conjunto de usuarios definido o implicados.

Podemos observar que esta definición responde más a criterios en **términos cualitativos**.

Recientemente la ISO/IEC 9126 (2001) [ISO01] ha sido readaptada en el marco del nuevo modelo de calidad del año 2000. Así encontramos una nueva variación en la definición del término usabilidad (aunque es muy similar a la anterior):

La capacidad que tiene un producto software para ser atractivo, entendido, aprendido, usado por el usuario cuando es utilizado bajo unas condiciones específicas.

Observamos que se ha añadido la coletilla “...usado bajo unas condiciones específicas”³² para dejar claro que un producto no dispone de usabilidad intrínseca, sino que tiene la capacidad de ser

³² Que en definitiva significa lo mismo que “...en un contexto de uso especificado” de la ISO 9241-11.

usado en un contexto particular.

Definiciones de autores destacados

Además de las definiciones “oficiales” ofrecidas por los estándares disponemos de otras definiciones con el mismo significado profundo pero con matices diferentes de varios autores e investigadores de reconocido prestigio internacional. Veamos, desde nuestro punto de vista, algunas de las más determinantes:

Jakob NIELSEN, pionero en la difusión de la usabilidad, sugiere que la usabilidad es un término multidimensional. Indica que un sistema usable debe poseer los siguientes atributos: Capacidad de *aprendizaje*, *eficiencia* en el uso, facilidad de *memorizar*, *tolerante a errores* y *subjetivamente satisfactorio* [NIE93].

Jenny PREECE, autora de multitud de estudios de usabilidad y de varios reconocidos libros, propone la definición más corta pero quizás la más intuitiva. Se refiere a la usabilidad como el “*desarrollo de sistemas fáciles de usar y de aprender*” [PRE94].

Niegel BEVAN, la define como la “*facilidad de uso y la aceptabilidad de un sistema o producto para una clase particular de usuarios que llevan a cabo tareas específicas en un entorno específico*” [BEV91].

No es difícil adivinar que N. BEVAN ha contribuido de forma muy directa en la definición propuesta por el estándar ISO 9241-11.

Janice (Ginny) REDISH (Redish & Associates, Inc. USA), reconocida profesional de la usabilidad defiende la idea de que el objetivo de las personas que trabajan en la usabilidad no es otro que el de producir “*trabajos para sus usuarios*” (*works for its users*) proporcionando a los usuarios las herramientas para poder (i) *encontrar lo que necesitan*, (ii) *entender lo que encuentran*, (iii) *actuar apropiadamente sobre ese entendimiento*, y (iv) *hacer todo esto con el tiempo y esfuerzo que ellos creen necesarios* porque el término usabilidad no se refiere solamente a hacer que los sistemas sean simples, sino que comprende además la comprensión de los objetivos de los usuarios, el contexto de su trabajo y cuál es el conocimiento y la experiencia de que

disponen [RED95].

Whitney QUESENBERRY propone extender la definición de la ISO 9241 para hacerla, según ella, más comprensible. Propone definir la usabilidad en base a las 5 características que los usuarios deben encontrar en el sistema interactivo, las “5 Es”: *Effective* (efectividad), *Efficiency* (eficiencia), *Engaging* (ser atractivo), *Error-Tolerant* (tolerante a errores) y *Easy-to-Learn* (fácil de aprender) [QUE01].

20.1.2.Importancia de la usabilidad

El gran avance en la tecnología de los ordenadores ha incrementado la potencia de éstos, a la vez que ha ampliado la banda de comunicación entre las personas y los ordenadores. Aun así, *los principios aplicables al proceso de interacción son independientes de la tecnología, puesto que dependen mucho más de un mejor conocimiento de los elementos humanos de dicha interacción que de dicha tecnología* [DIX93, pág. 118].

Una vez conocido que es y a que hace referencia la usabilidad, debemos reflexionar sobre cómo realmente se está enfocando la implantación de las nuevas tecnologías y plantearse preguntas como *¿por qué nos tenemos que preocupar por la usabilidad?* o *¿por qué las cosas son tan difíciles de utilizar?* para comprender lo que D. NORMAN asegura en cuanto a que *el verdadero problema no radica en el énfasis de la propia tecnología, sino en la persona para la cual esta hecho el dispositivo* [NOR99] mientras el despliegue actual normalmente olvida al usuario final.

Retomando de nuevo ejemplos a partir de los casos de uso utilizados como hilo conductor de este trabajo de investigación podríamos referirnos a los beneficios que la usabilidad aporta en algunos de ellos:

Así, en el entorno de recepción se consigue, a parte de los principios básicos de la usabilidad (ver el punto), introducir los cambios tecnológicos a los usuarios sin que ello les suponga un trauma [ROS02a] —evitando así el efecto de la tecnofobia [WEI97]— y sin necesidad de formación posterior a la instalación.

En el caso de las interfaces para los sistemas de pesaje industriales el tiempo que cada operario debe invertir en el uso de los mismos, unido a la disminución de los errores y al efecto de los mismos supone un ahorro difícilmente calculable pero fácilmente observable.

Y por poner otro ejemplo, en el caso de la tienda *on-line* la mejora en usabilidad se traduce directamente en el número de transacciones consumadas, o sea, en el

número de ventas realizadas.

En todos los casos mencionados (y también en los demás) se percibe que si dichas interfaces están mal diseñadas constituirá un factor que dificultará el uso de las funcionalidades.

NIELSEN, por su parte, afirma que la importancia de *la usabilidad* en el desarrollo de software radica en que se trata de un *factor crítico para que el sistema alcance su objetivo* [NIE93]. Los usuarios deben tener la sensación real de que el sistema les ayudará a realizar sus tareas. Y éste debe hacerlo; de otra forma serán reacios a su utilización.

20.1.3. Beneficios de la usabilidad

El beneficio inmediato de la usabilidad es que las interfaces son más fáciles de usar, lo cual de por sí ya supone un beneficio humanitario y ético puesto que esta facilidad de uso hace que las personas se sientan menos frustradas y menos intimidadas por la tecnología [NIE03b].

Encontramos, a parte de las evidencias mostradas, estudios de varios autores que constatan los beneficios aportados por la usabilidad.

Algunos de estos autores incluso afirman que la usabilidad mejora la productividad de los usuarios e incrementa su moral, reduce costes de formación y de documentación, permitiendo, por ejemplo, aumentar cuota de mercado [TRE98][DON01].

MAYHEW y MANTEI [MAY94] fueron los primeros en describir los **beneficios de aplicar la usabilidad al diseño software** desde un punto de vista interno y de las ventas realizadas. En los siguientes apartados presentamos una descripción de estos beneficios organizados en tres áreas: Desarrollo, uso interno y ventas.