

ELICITACIÓN DE REQUISITOS DE USABILIDAD: UN ESTUDIO SISTEMÁTICO

Yeshica Isela Ormeño

Centro de Investigación en Métodos de Producción de Software ProS
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera s/n, 46022
Valencia, Spain
yormeno@pros.upv.es

Jose Ignacio Panach

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria,
Departament d'Informàtica
Av. de la Universidad, s/n 46100
Burjassot,
Valencia, Spain
joigpana@uv.es

Óscar Pastor

Centro de Investigación en Métodos de Producción de Software ProS
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera s/n, 46022
Valencia, Spain
opastor@pros.upv.es

RESUMEN

Tanto la comunidad de Ingeniería del Software (IS) como la de Interacción Persona Ordenador (IPO) coinciden en que la usabilidad es un factor clave para desarrollar un producto de calidad. Sin embargo, son pocos los trabajos existentes en ambas comunidades que tratan la elicitación de requisitos de usabilidad desde las primeras etapas del desarrollo software. En general, la IS ha desarrollado métodos para elicitar requisitos funcionales en las primeras etapas, pero coloca en un segundo plano a la usabilidad. Por lo tanto, existe un vacío en cuanto a la elicitación de requisitos de usabilidad desde las fases de desarrollo tempranas. Un ejemplo de este problema surge si nos centramos en el paradigma de desarrollo dirigido por modelos, donde existen gran variedad de modelos para elicitar los requisitos funcionales pero no hay propuestas ampliamente utilizadas para la elicitación de requisitos de usabilidad. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio sistemático sobre las propuestas existentes para la elicitación de requisitos de usabilidad. El estudio nos permite analizar los métodos de elicitación de requisitos de usabilidad existentes e identificar los puntos fuertes de cada uno. En este trabajo realizamos un exhaustivo estudio sistemático según las reconocidas guías de revisiones sistemáticas.

Categorías y Descriptores de temas

D.2.1 [Ingeniería del Software]: Requisitos/Especificaciones – *métodos de elicitación, metodologías*. H.5.2. [Interfaces de usuario]: Metodología – *guías de estilo*.

Términos Generales

Gestión, Diseño.

Palabras claves

Usabilidad, elicitación de requisitos, requisitos no funcionales, guía, notación, métodos, herramientas.

1. INTRODUCCION

La comunidad IPO y la comunidad de IS tienen su propia definición de la usabilidad. La ISO 9126-1 [23] está más orientada hacia la comunidad IS, mientras que la ISO 9241-11 [24] se orienta a la comunidad IPO. En ambas comunidades, la usabilidad generalmente es considerada en etapas finales del proceso de desarrollo de software, cuando las interfaces ya están diseñadas. De acuerdo con Bass [4] y Folmer [19], la inclusión de las características de usabilidad en esta etapa podrían afectar la

arquitectura del sistema provocando un mayor esfuerzo por parte del analista. Con el fin de minimizar este problema [4],[19] se ha propuesto incluir la usabilidad en la fase de captura de requisitos.

En este contexto, existen métodos para la elicitación de requisitos desde las etapas iniciales del desarrollo, tales como RUP o i* [47], pero éstos se centran principalmente en los requisitos funcionales dejando de lado a los Requisitos No Funcionales (NFR) [11]. Sin embargo, para desarrollar sistemas de calidad, no es suficiente cumplir sólo con los requisitos funcionales sino que también se debe considerar la usabilidad [44]. En este trabajo, nos proponemos identificar los métodos de elicitación de requisitos de usabilidad existentes y realizar un exhaustivo análisis de ellos. Para lograr este objetivo, se realiza un estudio sistemático de acuerdo a los trabajos realizados por Petersen y Kitchenham [28],[38]. Un estudio sistemático es un procedimiento objetivo para determinar la naturaleza y el alcance de la investigación e identificar los vacíos existentes en la investigación actual.

Nos centramos especialmente en el Desarrollo Dirigido por Modelos (MDD), paradigma de desarrollo software utilizado en la comunidad de la IS [32]. MDD pretende desarrollar un software por medio de un modelo conceptual que representa el sistema a desarrollar de forma abstracta. Este modelo conceptual es la entrada a un compilador de modelos que genera el código que implementa el sistema. Por lo tanto, los analistas sólo deben centrar sus esfuerzos en la construcción del modelo conceptual, dejando la generación de código a transformaciones automáticas o semiautomáticas (dependiendo de la capacidad del compilador de modelos).

En la actualidad, existen métodos que apoyan el paradigma MDD, como OO-Method [37], WebRatio [1], OOHDM [13], UWE [29], entre otros. Sin embargo, ninguno de estos métodos hace frente a la usabilidad. Los métodos existentes de MDD tratan de optimizar la usabilidad una vez que los modelos que representan los requisitos funcionales se han definido y el código ha sido generado. En esta etapa, si el analista quiere mejorar la usabilidad del sistema, sólo puede modificar el código generado de forma manual. Esta forma de trabajar es opuesta al paradigma MDD, donde los modelos en sí deben representar todas las propiedades que debe tener el código. Además, algunos cambios en esta etapa pueden afectar la arquitectura del sistema e implicaría su rediseño, incrementado los tiempos de desarrollo [4],[19]. En base a todo esto, es necesario dedicar más esfuerzos a realizar una elicitación de requisitos de usabilidad desde las primeras etapas del desarrollo, tal y como la IS ya realiza actualmente con los requisitos funcionales. Nuestra meta a largo plazo se puede dividir en dos objetivos: (1) mejorar las

prácticas actuales de elicitación de requisitos de usabilidad, (2) enriquecer los actuales métodos MDD para soportar la elicitación de requisitos de usabilidad. El estudio sistemático nos ayudará a identificar las ventajas y desventajas de cada método existente para la elicitación de requisitos de usabilidad. Es importante resaltar que el estudio sistemático no es exclusivo para MDD, sino que analiza en detalle los requisitos de usabilidad en MDD sin excluir otros métodos de desarrollo.

El documento está estructurado de la siguiente manera. La Sección 2 revisa el estado de arte sobre la elicitación de requisitos. La sección 3 describe el proceso del diseño del estudio sistemático. La sección 4 expone los resultados encontrados. La sección 5 muestra las limitaciones encontradas y sus implicaciones. Finalmente la sección 6 muestra las conclusiones de este trabajo.

2. ESTADO DEL ARTE

La usabilidad ha sido estudiada en varias revisiones y estudios sistemáticos. Las revisiones y estudios sistemáticos proporcionan un procedimiento objetivo para identificar toda la información disponible en base a una pregunta de investigación [5],[28]. A continuación, resumimos algunas de las revisiones y estudios existentes en el área de la usabilidad y elicitación de requisitos.

En primer lugar, nos centramos en el estudio de técnicas de elicitación relacionadas con la usabilidad en la fase de la elicitación de requisitos. En este ámbito, cabe mencionar los trabajos de Dieste y Carrizo. El trabajo de Dieste [14] actualiza una revisión sistemática sobre las buenas prácticas en la selección de técnicas de elicitación de requisitos. Carrizo [7] presenta un marco que identifica cuál es la técnica de elicitación que mejor responde a ciertas características de proyectos. En segundo lugar, nos centramos en las revisiones sistemáticas y el estado de arte de los NFRs, debido a que algunos autores como Chung [12], Svensson [44], Nguyen [33], Sindgatta [40], Yi [46], y Ameller [3] consideran a la usabilidad como un NFR. Entre los trabajos más relevantes está el estado de arte realizado por Chung [11], que explora conceptos de sub-objetivos y los clasifica en seis áreas: desarrollo de la variabilidad de software, análisis de requisitos, elicitación de requisitos, reusabilidad de requisitos, trazabilidad de requisitos y desarrollo orientado a aspectos. En cuanto a las revisiones sistemáticas cabe mencionar los trabajos de Mehwish [31] y Svensson [45]. Mehwish presenta los resultados de una revisión sistemática realizada para reunir evidencias sobre el software de predicción de mantenibilidad y métricas. Por su parte Svensson realizó una revisión sistemática donde identifica: elicitación de requisitos, métricas, dependencias, estimación de costos, y priorización como áreas importantes para la gestión de requisitos de calidad. En tercer lugar, se muestran varios estudios sistemáticos que contienen métodos para considerar la usabilidad en tiempo de diseño, como los trabajos de Folmer [19] y Fernández [18]. Folmer presenta un marco a nivel arquitectónico y explora la viabilidad de un enfoque de diseño que podría ser aplicado a la usabilidad. Fernández resume los conocimientos actuales con respecto a los métodos de evaluación de usabilidad (UEMS) que se han empleado para valorar las aplicaciones web.

Según el estado de arte, la mayoría de los trabajos de investigación se refieren a los siguientes temas: diseño de la usabilidad en la fase de diseño arquitectónico, integración de la evaluación de la usabilidad en fases tempranas, métodos para evaluar la usabilidad en la fase de implementación, integración de

la evaluación de la usabilidad en el proceso de desarrollo web. Sin embargo no se han encontrado revisiones sistemáticas o estudios sistemáticos centrados en la integración de la usabilidad en el sistema desde la elicitación de requisitos [4],[19]. Este tema es la motivación principal de nuestro trabajo.

Por otro lado existen algunos trabajos sobre métodos, notaciones, herramientas y guías que pretenden incorporar la usabilidad en el desarrollo software. Por ejemplo, en cuanto a los métodos se tiene: requisitos de usabilidad cuantitativos [25], diseño de interfaz de usuario multimedia [43], características de usabilidad en tecnologías de transformación del modelo [35]. En cuanto a notaciones: BPMN que representa flujos de procesos de negocio [40], constructores i* [10], CTT (Concur Task Tree) para modelos de tareas [35]. En cuanto a guías: elicitación de las características de usabilidad funcional [27], guías de usabilidad para el diseño de interfaz usuario [39]. En cuanto a herramientas: DREAMER (Design Rationale Environment for Argumentation Modeling and Engineering Requirements) [30], NfRn (NFR Notation) [2], NDT (Navigational Development Techniques) [16].

En conclusión, podemos afirmar que existen muchas propuestas para incorporar requisitos de usabilidad en el proceso de desarrollo de software en etapas iniciales. Cada autor propone métodos, notaciones, guías (nuevas o existentes) y herramientas de soporte. Esta diversidad es la que motiva la necesidad de un estudio sistemático que obtenga y compare todas las propuestas existentes para hacer frente a la usabilidad en la etapa de elicitación de requisitos. A continuación definimos el diseño.

3. DISEÑO DEL ESTUDIO SISTEMÁTICO

El estudio sistemático proporciona una visión amplia de un área de investigación sobre un tema [21]. Los trabajos de Budgen [5], Petersen [38] y Kitchenham [28] son las guías del estudio para el presente artículo. Según estos trabajos, se consideran los siguientes elementos para el estudio:

3.1 Pregunta de Investigación

Es la pregunta que dirige los estudios primarios en el proceso de búsqueda. La pregunta de investigación formulada es:

"¿Cuáles son las propuestas (métodos, notaciones, guías y herramientas) para elicitar los requisitos de usabilidad a lo largo de todo el proceso de desarrollo de software?".

La información obtenida en torno a esta pregunta permite elegir, clasificar y resumir los conocimientos con respecto a la elicitación de requisitos de usabilidad. La pregunta incluye métodos, notaciones, guías y herramientas que deben ser estudiadas. Se ha dividido la pregunta principal en seis sub preguntas, considerando que la pregunta es demasiado abstracta e implica muchos conceptos.

SQ.1: ¿Cuáles son los métodos para elicitar los requisitos de usabilidad? Esta pregunta estudia los distintos procedimientos utilizados para la elicitación de los requisitos de usabilidad que puedan estar o no a la vez con otros requisitos no funcionales.

SQ.2: ¿Cuáles son los métodos para elicitar los requisitos de interacción? Esta pregunta estudia los métodos de elicitación de requisitos de interacción que estén basados en modelos. Como también la asociación entre requisitos y tareas interactivas.

SQ.3: ¿Cuáles son las guías de usabilidad utilizadas para elicitar los requisitos de usabilidad? Esta pregunta identifica las guías que ayudan al analista a identificar requisitos de usabilidad.

SQ.4: ¿Cuáles son las herramientas de apoyo a la elicitación de los requisitos de usabilidad? Esta pregunta tiene como objetivo estudiar herramientas creadas como soporte al método de elicitación de requisitos de usabilidad.

SQ.5: ¿Cuáles son las notaciones para elicitar los requisitos de usabilidad? Esta pregunta identifica las notaciones existentes para representar las necesidades de usabilidad de los usuarios.

SQ.6: ¿Ha sido la propuesta validada empíricamente? Esta pregunta estudia si la propuesta presentada ha sido validada en un contexto real o académico.

3.2 Estrategia de Búsqueda

En base a la pregunta investigación y las sub preguntas diseñadas se determina el proceso de selección de publicaciones, los recursos y términos de búsqueda necesarios para efectuarla. Para su aplicación dividimos esta sección en las siguientes sub secciones:

3.2.1 Pasos para la selección de publicaciones

Los pasos utilizados para obtener las publicaciones del estudio son los siguientes:

1. *Utilizar la cadena de búsqueda.* La cadena de búsqueda se aplica a las fuentes de búsqueda (sección 3.2.2) de origen. Esta búsqueda devuelve un conjunto de publicaciones que satisfacen la cadena de búsqueda en el título, resumen o palabras clave.

2. *Construir los criterios de inclusión y de exclusión.* Se formulan los *criterios de inclusión* y los *criterios de exclusión* sobre la base de la pregunta de investigación (sección 3.3).

3. *Leer el título y el resumen.* Se revisan los títulos y los resúmenes de las publicaciones devueltas mediante la cadena de búsqueda. En base a los títulos y resúmenes se aplican los criterios de inclusión y exclusión para determinar las publicaciones a incluir y excluir respectivamente. Este conjunto de publicaciones se denominan "publicaciones potenciales".

4. *Leer todas las publicaciones.* Se lee exhaustivamente todo el contenido de las publicaciones potenciales. Durante la lectura se debe de responder a las preguntas de investigación (sección 3.1). Además, los criterios de exclusión e inclusión se deben aplicar nuevamente, de forma que sólo se seleccionen publicaciones que estén en el área de interés. El resultado será otro conjunto de publicaciones que se denomina "publicaciones seleccionadas".

5. *Buscar y seleccionar las publicaciones de las referencias.* El último paso consiste en revisar las publicaciones referenciadas en las publicaciones seleccionadas. De esta forma, se identifican publicaciones relevantes que no han sido encontradas mediante la cadena de búsqueda y publicaciones que no recaen entre los años definidos en las fuentes de búsqueda (sección 3.2.2).

Cuando se completen estos 5 pasos se obtiene el total de las "publicaciones seleccionadas", integrado por las publicaciones resultantes de los pasos 4 y 5 que serán útiles a nuestro estudio.

3.2.2 Fuentes de búsqueda

Las fuentes utilizadas para el estudio se basan en las bibliotecas digitales: IEEEExplore, ACM, Link Springer y Science Direct. La principal fuente de información fue la base de datos Sciverse Scopus. Todas las publicaciones fueron buscadas según el título, resumen y palabras clave. El rango de fechas establecido es del año 2000 al año 2011. Para evitar el descarte de trabajos interesantes anteriores al año 2000 (Nielsen [34]), se revisó las publicaciones referenciadas. Si una publicación escrita con anterioridad al año 2000 no se ha referenciado en los últimos 12

años, podemos concluir que el trabajo no es relevante para la comunidad y por lo tanto, se desecha de nuestro estudio.

3.2.3 Cadena de búsqueda

En este trabajo, la cadena de búsqueda utilizada se compone de dos tipos de sub-cadenas: Requisitos de Usabilidad e Ingeniería del Software. Con la primera sub-cadena se intenta encontrar publicaciones relacionadas con la forma de elicitar los requisitos de usabilidad, y con la segunda sub-cadena los conceptos de elicitación de requisitos relacionados con la IS.

Cadena de búsqueda = (*Requisitos de Usabilidad*) AND (*Ingeniería de Software*)

Los términos que forman la cadena de búsqueda son:

Requisitos de Usabilidad = (*usability requirement OR user requirement OR usability elicitation OR interaction requirement OR non functional OR usability guidelines*)

Ingeniería del Software = (*MDD OR model driven OR MDA OR notation OR tool OR interface OR engineering OR test*)

El término "non funcional" ha sido insertado dentro del grupo de "Requisitos de Usabilidad" debido a que la usabilidad con mucha frecuencia es considerada como NFR y por tanto, podrían existir referencias a la usabilidad dentro de los trabajos basados en NFR.

3.3 Criterios de Selección

Se utilizan para determinar qué estudios se van a incluir o excluir en el estudio, a partir de los artículos obtenidos con la cadena de búsqueda. La publicación es considerada válida si la respuesta es positiva para alguno de los tres *criterios de inclusión* siguientes:

IC1=¿El trabajo define cómo extraer los requisitos de usabilidad?

IC2=¿La propuesta se aplica a un entorno basado en los modelos conceptuales (MDD)?

IC3=¿El trabajo define la forma de representar los requisitos de usabilidad?

Por otro lado, los *criterios de exclusión*, tomados en cuenta son:

EC1=Las publicaciones que estudian guías, notaciones y herramientas que no tratan la usabilidad.

EC2=Las publicaciones que solo tratan los requisitos funcionales.

EC3=Las publicaciones escritas en otro idioma diferente al Inglés.

Con el fin de evaluar la fiabilidad de la inclusión, se aplicó la medida estadística de Fleiss Kappa (nivel de concordancia) sobre 20 publicaciones potenciales seleccionadas de forma aleatoria. El valor obtenido fue de 0.63 calificado de nivel Considerable.

3.4 Evaluación de la Calidad

En base a las "publicaciones seleccionadas" obtenidas se prosigue con la evaluación de la calidad de las mismas. Por tanto se ha elaborado un cuestionario denominado Escala Likert (3) contenida en la Tabla 1, que contiene preguntas cerradas clasificadas en dos grupos: preguntas subjetivas y preguntas objetivas.

Las preguntas subjetivas tienen tres alternativas (1=Sí, 0=Parcialmente y -1=No). Las preguntas objetivas, N° 9 y N° 10 presentan estas alternativas (1= Muy importante, 0= Importante, -1= No tan importante) y (1= más de 4, 0= entre 2 y 4, -1= menos de 2) respectivamente. Para la pregunta N° 9 se considera las conferencias y las revistas. Para la clasificación objetiva de las conferencias, se utiliza el ranking CORE. La publicación es "Muy importante" si la conferencia es CORE A ó B ó si ésta es parte de un libro, "Importante" si es CORE C ó si se trata de un workshop,

“No tan importante” cuando la conferencia no está en CORE. Para las revistas, se ha utilizado la clasificación objetiva del Journal Citation Report (JCR). La publicación es “Muy importante” si la revista aparece en el JCR, “Importante” cuando está indexada en otra lista y “No tan importante” cuando no está en ningún lugar conocido. Para la pregunta N° 10 se utiliza la herramienta Publish or Perish para conocer el número de veces que ha sido citada la publicación. Se le asigna 1 si este número es “Mayor a 4”, 0 si está “Entre 2 y 4” y -1 si es “Menos de 2”. Terminado el cuestionario se calcula la media aritmética de las respuestas individuales de cada revisor. Al final, se suman todas las medias obtenidas, el resultado es un valor entre -10 y 10. Se considera la publicación “Muy buena” si el valor es mayor o igual a 3, “Buena” si está entre -2 y 2.9 y “Mala” si es inferior a -2.

Tabla 1. Cuestionario de Escala Likert (3)

Preguntas Subjetivas	1 = Si	0 = Parcialmente	-1 = No
1. ¿El método para elicitar los requisitos de usabilidad está definido de forma clara?			
2. ¿Las guías de elicitación de requisitos son comprensibles?			
3. ¿Las guías de elicitación de requisitos son útiles en otro contexto?			
4. ¿Las herramientas que soportan a las publicaciones son descargables?			
5. ¿Existe un caso de estudio o ejemplo claro de la propuesta?			
6. ¿La propuesta está validada empíricamente?			
7. ¿Los resultados están claramente explicados?			
8. ¿La notación para la captura de requisitos es fácil de aprender?			
Preguntas Objetivas			
9. ¿La publicación está en una revista o en un acta de congreso?	1 = Muy importante	0 = Importante	-1 = No tan importante
10. ¿La publicación ha sido citada por otros autores?	1 = Más de 4	0 = Entre 2 y 4	-1 = Menos de 2

3.5 Estrategia de Extracción de Datos

Define cómo se obtiene la información requerida de cada publicación seleccionada. Tomando en cuenta las sub preguntas para nuestro estudio, se ha definido los siguientes conjuntos para agrupar las posibles respuestas en categorías que son de interés para el estudio sistemático.

SO1: Método de elicitación de requisitos de usabilidad

- 1.1. *Sí*. Cuando el método elicita requisitos de usabilidad u otros requisitos no funcionales o que contienen a la usabilidad.
- 1.2. *No*. Cuando el método no explica de forma clara como realiza la elicitación de los requisitos de usabilidad. Son métodos de elicitación de NFRs o interacción que no cubren la usabilidad.
- 1.3. *No concerniente*. Si la publicación no tiene ningún método.

SO2: Métodos de elicitación de requisitos de interacción

- 2.1. *Sí*. Cuando el método está basado en modelos.
- 2.2. *No*. Si el método no está basado en modelos.
- 2.3. *No concerniente*. Cuando no tratan métodos de interacción.

SO3: Uso de guías de usabilidad

- 3.1. *Existentes*. Si la publicación utiliza guías existentes durante la elicitación de requisitos o en el análisis de la usabilidad.
- 3.2. *Propuestas*. Si las guías utilizadas en la publicación han sido desarrolladas por el autor.

- 3.3. *No existe*. Si no se utiliza ninguna guía conocida o creada.

SO4: Herramientas de apoyo para la elicitación de requisitos

- 4.1. *Diseño de la interfaz*. Si la herramienta propuesta está orientada para una interfaz de usuario multimedia.
- 4.2. *Desarrollo de modelo*. Si la herramienta propuesta es un soporte para el desarrollo de modelos conceptuales.
- 4.3. *No Existe*. Si el método no sugiere ninguna herramienta pero sí que cabría la posibilidad de usar alguna.
- 4.4. *No concerniente*. Si las publicaciones no tratan herramientas.

Q5: Tipo de notación para la elicitación de los requisitos

- 5.1. *UML*. Si el método propuesto está basado en UML.
- 5.2. *Lenguaje Natural*. Si la elicitación de requisitos se hace por medio de: sesiones de talleres; listas de verificación; cuestionarios; heurísticos; lluvia de ideas o entrevistas.
- 5.3. *i**. Si el método está basado en el marco *i** [3],[46].
- 5.4. *CTT*. Si el método está basados en árboles de tareas.
- 5.5. *Formal*. Si el método aplica operadores lógicos o gramáticas.
- 5.6. *QOC*. Si utiliza el método *Question Option Criteria* [2].
- 5.7. *BPMN*. Si el método de elicitación utiliza esta notación [30].
- 5.8. *No concerniente*. Si las publicaciones no tratan notaciones.

Q6: Entorno de validación empírica

- 6.1. *Industrial*. Si la validación empírica de la propuesta hecha en la publicación se realiza en un contexto industrial.
- 6.2. *Académico*. Si la validación empírica de la propuesta hecha en la publicación se realiza en un contexto educativo.
- 6.3. *Ninguno*. Si no existe ninguna validación empírica.

4. RESULTADOS

A partir de la extracción de datos aplicado en la sección previa, se muestran los resultados alcanzados que giran en torno a los métodos de elicitación de requisitos de usabilidad. Estos trabajos han sido publicados en conferencias, revistas, libros, workshops y otros tipos de eventos. La Tabla 2, muestra la cantidad de publicaciones potenciales y seleccionadas clasificadas por fuente de procedencia. Estos datos incluyen también a las publicaciones obtenidas por referencia. La Tabla 3 muestra la cantidad de publicaciones potenciales y seleccionadas que han sido presentadas en conferencias de nivel A, B o C según CORE. La extracción de datos de las publicaciones seleccionadas se ha realizado en base a las categorías de investigación. A su vez, cada categoría se clasifica en los distintos conjuntos descritos en la sección 3.5.

Tabla 2. Cantidad de publicaciones por fuente

Fuentes	Potenciales	Seleccionadas
Conferencias	31	14
Revistas	16	9
Libros	4	3
Workshops	4	1
Otros	10	2
Total	65	29

Tabla 3. Cantidad de publicaciones según la clasificación CORE

Niveles de las Conferencias	Potenciales	Seleccionadas
Nivel A	12	6
Nivel B	10	4
Nivel C	9	4

La Tabla 4 muestra el porcentaje de publicaciones que se han encontrado en cada uno de los conjuntos de las categorías. El número total de publicaciones seleccionadas para nuestro estudio asciende a 29. Las posibles respuestas de la categoría de investigación SQ5 no se consideran excluyentes, esto justifica que el cálculo del porcentaje supera el 100%. En el resto de casos, al ser excluyentes, la suma es el 100%.

Tabla 4. Resultados del estudio sistemático

Sub preguntas de Investigación	Posibles Respuestas	Nº	%
SQ1 Métodos de elicitación de requisitos de usabilidad	Si	7	24.14
	No	11	37.93
	No concierne	11	37.93
SQ2 Métodos de elicitación de requisitos de interacción	Si	5	17.24
	No	3	10.34
	No concierne	21	72.41
SQ3 Uso de las guías de usabilidad	Existentes	9	31.03
	Propuestas	7	24.14
	No Existe	13	44.83
SQ4 Herramientas de apoyo para la elicitación de requisitos	Diseño de Interfaz	5	17.24
	Desarrollo de Modelo	7	24.14
	No Existe	11	37.93
	No concierne	6	20.69
SQ5 Tipos de notación para la elicitación de los requisitos	UML	12	41.38
	Lenguaje Natural	8	27.59
	i*	8	27.59
	CTT	4	13.79
	Formal	2	6.90
	QOC	2	6.90
	BPMN	1	3.45
No concierne	5	17.24	
SQ6 Entorno de validación empírica	Industrial	3	10.34
	Académico	17	58.62
	Ninguno	9	31.03

A continuación se analizan las publicaciones que se han considerado más representativas para cada categoría de investigación.

4.1 Métodos de elicitación de requisitos de usabilidad

El 24.14% de las publicaciones presentan métodos de elicitación de NFRs que cubren el requisito de usabilidad, el 37.93% de las publicaciones no muestran la elicitación de requisitos de usabilidad y el resto de estudios que también ascienden al 37.93%, son estudios no concernientes al tema en cuestión.

A continuación se mencionan algunos de los métodos NFR encontrados. Doerr [15] presenta un método para la elicitación de requisitos utilizando sesiones de trabajo para elicitar aspectos de calidad y elicitación de los NFRs. Jokela [25] propone un método para tratar los requisitos de usabilidad cuantitativos en fase temprana (definición de atributos de usabilidad) y en la fase tardía (establecimiento de valores objetivos para los atributos). Sindhgatta [40] presenta un marco de especificaciones de casos de uso que permite la captura de usabilidad a través de asociación de pantallas interactivas mediante flujo de tareas.

En base a los trabajos estudiados, el proceso de elicitación de los NFRs comienza normalmente con métodos que utilizan técnicas tradicionales para la elicitación de requisitos. Estos métodos proporcionan sólo soporte básico a la gestión de requisitos y en caso de producirse la elicitación de requisitos de usabilidad, ésta se realiza por medio de extensiones a la propuesta.

4.2 Métodos de elicitación de requisitos de interacción

El 17.24% de las publicaciones utilizan un modelo para especificar los métodos de interacción que incluyen características de usabilidad. El 10.34% describen métodos que no están basados en modelos y el 72.41% de las publicaciones son estudios que no son concernientes al tema.

A continuación se mencionan algunos métodos para elicitar requisitos de interacción basados en modelos. Panach [36] propone una metodología para la elicitación de requisitos de interacción basada en diagramas CTT (ConcurTaskTree). Sutcliffe [43] presenta un método de diseño formado por: requisitos y análisis de la información, selección e integración de medios y el diseño de la atención de los usuarios. Creissac [6] indica que el modelo formal puede proporcionar un análisis para descubrir problemas de interacción en sistemas interactivos y la posibilidad de implementar los requisitos de usabilidad.

Los métodos encontrados en nuestro estudio consideran necesario realizar un análisis exhaustivo de los requisitos para aliviar los problemas de interacción. Para ello, formulan diversos modelos basados en el análisis sistemático de un conjunto de propiedades de interfaces estándar, y/o patrones estructurales, potenciando la usabilidad y experiencia de usuario.

4.3 Uso de las guías de usabilidad

El 31.03% de las publicaciones son métodos de elicitación de requisitos de usabilidad que utilizan *guías existentes*. Las publicaciones más representativas son los trabajos de: Panach [35] quien propone el uso de guías y patrones arquitectónicos para incluir característica de usabilidad dentro de entornos de desarrollo dirigidos por modelos. Jokela [26] propone un método de trabajo colaborativo en equipo basado en la definición de la usabilidad de la norma ISO 9241-11.

El resultado sobre el uso de *guías propuestas* (definidas por los mismos autores) es del 24.14% de las publicaciones. Las publicaciones más representativas son los trabajos de: Cysneiros [10], quien propone un catálogo dirigido para alcanzar la usabilidad a través de alternativas en el proceso de elicitación de requisitos. Henninger [22], quien presenta una metodología y la herramienta GUIDE (Guidelines for Usability through Interface Development Experiences) para crear guías específicas de usabilidad para un contexto específico.

Un 44.83% restante hacen referencia a "No existe", es decir que la publicación no indica qué guía usa para la elicitación de requisitos.

Las propuestas encontradas en el estudio ayudan a superar en parte el obstáculo de la integración de la usabilidad y su significado por los stakeholders. No obstante la aplicación de las guías requiere, en general, la interpretación de un experto en usabilidad para su correcto uso.

4.4 Herramientas de apoyo para la elicitación de requisitos

El 17.24% de las publicaciones utilizan las herramientas que dan soporte al desarrollo del *diseño de la interfaz*. Las publicaciones más representativas de esta categoría son las de: Sindhgatta [40] y Sutcliffe [42]. Sindhgatta utiliza una herramienta cuyo objetivo es definir pantallas para tareas interactivas y la vinculación de éstas con otras pantallas. Sutcliffe muestra un prototipo diseñado para funcionar como un script (guion) de demostración de conceptos.

Las herramientas que apoyan el *desarrollo de modelos* en la elicitación de requisitos son el 24.14% de las publicaciones. Unas de las más representativas son las de Grosse [20] y Martinie [30].

Grosse proporciona estilos estructurados para formular especificaciones de usabilidad detalladas en dispositivos médicos. Martinie presenta la herramienta DREAMER que relaciona requisitos funcionales y no funcionales en la etapa de diseño.

Las publicaciones clasificadas como "No Existe" son el 37.93% y corresponden a los métodos que no incluyen herramientas. El 20.69% restante son clasificadas como "No concerniente".

Todas las herramientas propuestas en las publicaciones estudiadas son prototipos que presentan una funcionalidad limitada cuando su uso es orientado al proceso de elicitación de requisitos. Además, su utilización exige cierto grado de esfuerzo en la comprensión y aplicación por parte del analista usuario.

4.5 Tipo de notación para la elicitación de los requisitos

Los porcentajes de las notaciones utilizadas en la elicitación de requisitos son: UML 41.38%, Lenguaje Natural 27.59%, i* 27.59%, CTT 13.79%, Formal 6.90%, QOC 6.90%, y BPMN 3.45%, No concerniente 17.24%.

A continuación, se describe una publicación por cada tipo de notación: Liu [46] utiliza la notación *UML* para conseguir un modelo de diseño integrado para modelar NFRs. Jokela [26] utiliza el *Lenguaje Natural* en un trabajo colaborativo donde los requisitos de usabilidad son sistemáticamente elicitados y analizados por un equipo de trabajo. Nguyen [33] utiliza la notación *i** para facilitar el modelado de los NFRs y la forma en que se encuentran vinculados. Panach [36] utiliza la notación *CTT* para describir cómo el usuario realiza las tareas. Creissac [6] utiliza *MAL* (Modal Action Logic), una Notación *Formal* cuya especificación se centra en componentes de interfaz jerárquicos y atributos visibles del estado del sistema. Martinie [30] utiliza la notación *QOC* (Question, Option, Criteria) para definir las opciones de diseño. Sindhgatta [40] utiliza la notación *BPMN* para representar los flujos de procesos de negocio.

Las notaciones estudiadas han sido utilizadas por los métodos de elicitación de requisitos en sus diferentes fases de desarrollo. En algunos métodos [46],[40],[9], se ha utilizado más de una notación, resaltando el vínculo que existe entre patrones, escenarios y plantillas [6],[42].

4.6 Entorno de validación empírica

El 10.34% de las publicaciones presentan una propuesta de elicitación de requisitos de usabilidad que han sido aplicadas a un entorno industrial. El 58.62% se han aplicado como experimentos académicos y el 31.03% no disponen de ninguna validación.

Las propuestas más relevantes para el contexto *industrial* son los trabajos de Doerr [15] y Akoumianakis [2]. Doerr presenta casos de estudio realizados en aplicaciones industriales, aplicando diversas prioridades de calidad a cada uno de ellos. Akoumianakis describe alternativas interactivas de personalización en diferentes plataformas móviles sobre las funcionalidades básicas y servicios de una aldea. En el ámbito *académico*, las propuestas más relevantes son los trabajos de Juristo [27] y Panach [36]. Juristo evalúa los beneficios de los patrones de captura de requisitos de usabilidad. Panach [36] ha realizado un experimento de laboratorio para relacionar prototipos de interfaz con un modelo de tareas. En todos los casos de estudio, experimentos o ejemplos que se plantean (tanto académicos como industriales), a excepción del trabajo de Juristo, no existen métricas explícitas que determinen el nivel de usabilidad logrado por el sistema.

4.8 Resultados del estudio sistemático

La Figura 1 muestra las comparaciones entre las categorías SQ1, SQ2, SQ3 y SQ4. Los aspectos a resaltar son:

- No existen ni una sola guía *propuesta* por el autor para elicitar requisitos de usabilidad o requisitos de interacción que explícitamente realicen la elicitación de requisitos de usabilidad.
- Existe igual número guías *existentes* o herramienta para el *diseño de interfaz* destinado a la elicitación de requisitos de interacción.
- Existe un elevado número de publicaciones que no tratan métodos de elicitación de requisitos de usabilidad ni sugieren el uso de algún tipo de guía o herramienta.

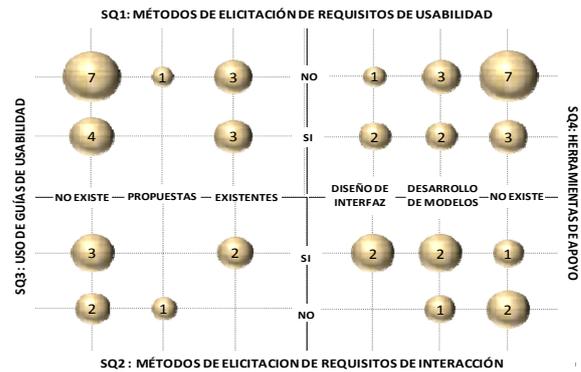


Figura 1. Resultado de la combinación de categorías SQ1, SQ2, SQ3, SQ4

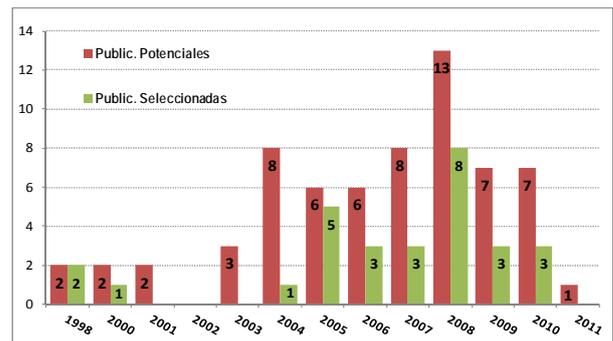


Figura 2. Número de las publicaciones clasificadas por año

La Figura. 2 muestra la comparación del número de publicaciones potenciales y seleccionadas catalogadas por año. Se observa la cantidad mínima de publicaciones presentadas en diversas conferencias, workshops y otras fuentes durante los 12 últimos años, incluyendo el año 1998 (publicaciones encontradas por búsqueda por referencia). No existe ninguna publicación seleccionada que recaiga en los años 2001, 2002, 2003 y 2011. Los demás instrumentos sujetos al estudio sistemático se ubican en <http://hci.dsic.upv.es/MappingStudyUsability/Mapping.pdf>.

5. DISCUSIÓN

En las publicaciones seleccionadas, la elicitación de requisitos de usabilidad está comprendida normalmente dentro de la fase del análisis [41],[16], es decir, una vez ya se hayan elicitado todos los requisitos funcionales. Esta incorporación tardía de los requisitos de usabilidad puede implicar cambios en la arquitectura del sistema, ya que los algunos requisitos de usabilidad pueden estar estrechamente ligados a requisitos funcionales [4],[19]. En el análisis de resultados del estudio sistemático se observa que la cantidad de publicaciones que abordan de manera clara y concisa

cómo se realiza el proceso de extracción de requisitos de usabilidad en etapas iniciales son mínimas. Por el contrario, se han encontrado bastantes trabajos donde la elicitación de requisitos de usabilidad se realiza en fase de diseño, junto con la elicitación de requisitos de interacción [26],[40],[25].

Otro aspecto observado en las publicaciones seleccionadas es la utilización de artefactos, como por ejemplo: patrones, escenarios y plantillas. La mayoría de las propuestas hacen uso de algún artefacto como apoyo al método de elicitación de requisitos de usabilidad [6],[42],[17]. Existen algunos enfoques diferentes, como el presentado en [27], en el cual los patrones son utilizados para representar características de usabilidad como requisitos funcionales.

Por lo que respecta a los métodos propuestos en las publicaciones estudiadas, éstos son poco flexibles y requieren bastante esfuerzo para aplicarlos en contextos distintos para los que fueron definidos [22],[25]. Las guías, notaciones y artefactos usados en estos métodos se encuentran más cerca del modelado de requisitos de interacción que del modelo de los requisitos de usabilidad. Además, en general, las guías de elicitación de requisitos de usabilidad están definidas de forma muy genérica y son difícilmente instanciables a casos de estudio concretos [8].

La validación de los métodos es otro aspecto crucial para la valoración de una propuesta. Los trabajos que presentan casos de estudio, experimentos y ejemplos, no muestran evidencias para verificar si los requisitos de usabilidad crearon un verdadero impacto positivo en el producto final. Además, se observa un mínimo porcentaje de propuestas que han sido aplicadas en el ámbito industrial [25]. Por último, cabe resaltar que se han encontrado algunas publicaciones que hacen referencia a otros muchos trabajos anteriores [9], dificultando la comprensión de la propuesta si no se accede a dichas referencias.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo ha sido planteado combinando aspectos de Ingeniería del Software (IS) y de la Interacción Persona-Ordenador (IPO). Por parte de la comunidad IS se han analizado los métodos de desarrollo que consideran la usabilidad como un requisito más. Por parte de la comunidad IPO se han estudiado las guías y heurísticos utilizados para el desarrollo de aplicaciones usables. El objetivo final de este trabajo es el de estudiar los trabajos existentes tanto de IS como de IPO que proponen optimizar las características de usabilidad dentro del proceso de desarrollo de software. De entre todos los trabajos existentes, este trabajo pretende analizar en mayor detalle aquellos que proponen la optimización de la usabilidad desde las primeras fases del desarrollo. Estas propuestas son especialmente atractivas porque se podrían embeber en métodos MDD, en los cuales, los requisitos se deben modelar desde las etapas de desarrollo tempranas.

El estudio sistemático ha sido elaborado en base a la metodología propuesta por Kitchenham y se ha centrado en una búsqueda durante los últimos 12 años. Los resultados obtenidos si bien se ajustan al enfoque de la elicitación de requisitos de usabilidad, no solucionan en gran medida los problemas que presentan las aplicaciones en el proceso de desarrollo (cambio continuo en los requisitos, presencia de nuevos requisitos, comprensión del mecanismo de interacción con el usuario, aplicación de nuevas guías y estándares para diversas plataformas y tecnologías, entre otros). Si nos centramos en publicaciones que traten la elicitación de requisitos de usabilidad en entornos MDD, la ausencia de trabajos es aún más acusada. Prácticamente, no hay trabajos en la actualidad.

El estudio sistemático sirve en gran medida para detectar los problemas existentes en los trabajos analizados e identificar trabajos futuros que aún no han sido abordados. En base a los resultados del estudio, se puede concluir que existe una línea de investigación clara en el ámbito de los requisitos de usabilidad en entornos MDD. Además, el estudio sistemático realizado en este artículo puede ser utilizado como punto de partida para futuras revisiones sistemáticas que se realicen en torno a la elicitación de requisitos de usabilidad.

7. ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo se ha desarrollado con el apoyo del MICINN (PROS-Req TIN2010-19130-C02-02), GVA (ORCA PROMETEO/2009/015), y cofinanciado con ERDF. Agradecemos también el apoyo de ITEA2 Call 3 UsiXML (20080026) financiado por el MITYC bajo el proyecto TSI-020400-2011-20.

8. REFERENCIAS

- [1] Acerbis, R.; Bongio, A.; Brambilla, M.; Butti, S. 2007. WebRatio 5: An Eclipse-Based CASE Tool for Engineering Web Applications. *LNCS. 4607*, 501-505.
- [2] Akoumianakis, D.; Katsis, A.; Vidakis, N. 2007. *Non-functional user interface requirements notation (NfRn) for modeling the global execution context of tasks*. In *Proc. of the 5th international conference on task models and diagrams for users interface design*. Hasselt, Belgium, Springer-Verlag, 259-274.
- [3] Ameller, D.; Franch, X.; Cabot, J. 2010. *Dealing with Non-Functional Requirements in Model-Driven Development*. In *18th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE)*. Sydney, NSW, 189-198.
- [4] Bass, L.; John, B. 2003. Linking usability to software architecture patterns through general scenarios. *The journal of systems and software*. 66, 187-197.
- [5] Budgen, D.; Turner, M.; Brereton, P.; Kitchenham, B. 2008. *Using Mapping Studies in Software Engineering*. In *Proceedings of PPIG*. Lancaster University, 195-204.
- [6] Campos, J.; Harrison, M.; Graham, T.; Palanque, P. 2008. Systematic Analysis of Control Panel Interfaces Using Formal Tools Interactive Systems. Design, Specification, and Verification. In *Book. Systematic Analysis of Control Panel Interfaces Using Formal Tools Interactive Systems. Design, Specification, and Verification*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 72-85.
- [7] Carrizo, D.; Dieste, O.; Juristo, N. 2008. *Study of Elicitation Techniques Adequacy*. In *11th Workshop on Requirements Engineering*. Spain, Barcelona, 104-114.
- [8] Cronholm, S.; Bruno, V. 2008. *Do you need general principles or concrete heuristics?: a model for categorizing usability criteria*. In *Proc. of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat*. Cairns, Australia, ACM,
- [9] Cysneiros, L. M.; do Prado Leite, J. C. S. 2004. Nonfunctional requirements: from elicitation to conceptual models. *IEEE Trans. on Softw. Eng.* 30, 5, 328-350.
- [10] Cysneiros, L. M.; Werneck, V. M.; Kushniruk, A. 2005. *Reusable knowledge for satisficing usability requirements*. In *Proc. of 13th IEEE International Conference on Requirement Engineering*. Washington, DC, USA, IEEE Computer Society, 463-464.
- [11] Chung, L., Nixon, B., Yu, E., Mylopoulos, J., 2000. *Non-Functional Requirements in Software Engineering*. Kluwer Academic Publishing, London, England.

- [12] Chung, L.; Sampaio do Prado Leite, J. C. 2009. On Non-Functional Requirements in Software Engineering. *LNCS*. 15600.
- [13] Daniel, S.; Rita de Almeida, P.; Isbela, M. 1999. OOHDM-Web: an environment for implementation of hypermedia applications in the WWW. *SIGWEB Newsl.* 8, 2, 18-34.
- [14] Dieste, O.; Lopez, M.; Ramos, F. 2008. Updating a Systematic Review about Selection of Software Requirements Elicitation Techniques *In Proc. of WER*.
- [15] Doerr, J.; Kerkow, D.; Koenig, T.; Olsson, T.; Suzuki, T. 2005. *Non-functional requirements in industry - three case studies adopting an experience-based NFR method*. In *Proc. 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering*. 373-382.
- [16] Escalona, M. J.; Arag, G. 2008. NDT. A Model-Driven Approach for Web Requirements. *IEEE Trans. Softw. Eng.* 34, 3, 377-390.
- [17] Escalona, M. J.; Koch, N.; Filipe, J.; Cordeiro, J.; Pedrosa, V. 2007. Metamodeling the Requirements of Web Systems Web Information Systems and Technologies. In *Book. Metamodeling the Requirements of Web Systems Web Information Systems and Technologies*. Springer Berlin Heidelberg, 267-280.
- [18] Fernandez, A.; Insfran, E.; Abrahão, S. 2011. Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*. 53, 8, 789-817.
- [19] Folmer, E.; Bosch, J. 2004. Architecting for usability: A Survey. In *Journal of Systems and Software*, 61-78.
- [20] Grosse-Wentrup, D.; Stier, A.; Hoelscher, U.; Dössel, O.; Schlegel, W. C. 2009. Supporting Tool for Usability Specifications. In *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Springer Berlin Heidelberg: Munich, Germany, 845-847.
- [21] Hailpern, B., Tarr, P. 2006. Model-Driven Development: the Good, the Bad, and the Ugly. *IBM Syst. J.* 45, 3, 451-461.
- [22] Henninger, S. 2000. A methodology and tools for applying context-specific usability guidelines to interface design. *Interacting with Computers*. 12, 3, 225-243.
- [23] ISO-9126_1. 2001. Software Engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model.
- [24] ISO-9241_11. 1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability.
- [25] Jokela, T.; Koivumaa, J.; Pirkola, J.; Salminen, P.; Kantola, N. 2006. Methods for quantitative usability requirements: a case study on the development of the user interface of a mobile phone. *Personal Ubiquitous Comput.* 10, 6, 345-355.
- [26] Jokela, T.; Seffah, A.; Gulliksen, J.; Desmarais, M. C. 2005. Guiding Designers to the World of Usability: Determining Usability Requirements Through Teamwork. In *Book. Guiding Designers to the World of Usability: Determining Usability Requirements Through Teamwork*. Springer Netherlands, 127-145.
- [27] Juristo, N.; Moreno, A. M.; Sánchez, M. I. 2007. Guidelines for Eliciting Usability Functionalities. In *IEEE Trans. Softw. Eng.*, 744-758.
- [28] Kitchenham, B. A.; Charters, S. 2007. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. In *EBSE Technical Report*, Keele University.
- [29] Koch, N. 2000. Software Engineering for Adaptive Hypermedia Applications. Ludwig-Maximilians-Universität München: Munich.
- [30] Martinie, C.; Palanque, P.; Winckler, M.; Conversy, S. 2010. *DREAMER: a design rationale environment for argumentation, modeling and engineering requirements*. In *Proc. of the 28th International Conference on Design of Communication*. São Paulo, Brazil, ACM.
- [31] Mehwish, R.; Emilia, M.; Ewan, T. 2009. A systematic review of software maintainability prediction and metrics. In *Proc. of the 3rd International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, IEEE Computer Society.
- [32] Mellor, S.; Scott, K.; Uhl, A.; Weise, D. 2002. Model-Driven Architecture. In *Book. Model-Driven Architecture*. Springer Berlin / Heidelberg, 233-239.
- [33] Nguyen, Q. L. 2009. *Non-Functional Requirements Analysis Modeling for Software Product Lines*. In *Proc. of the ICSE Workshop on Modeling in Software Engineering*. IEEE Computer Society.
- [34] Nielsen, J., 1993. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann.
- [35] Panach, J. I.; España, S.; Moreno, A.; Pastor, O. 2008. *Dealing with Usability in Model Transformation Technologies*. In *ER 2008*. Barcelona, Springer LNCS 498-511.
- [36] Panach, J. I.; España, S.; Pederiva, I.; Pastor, O. 2007. Capturing Interaction Requirements in a Model Transformation Technology Based on MDA. In *Journal of Universal Computer Science (JUCS)*.
- [37] Pastor, O., Molina, J., 2007. *Model-Driven Architecture in Practice*. Springer, Valencia.
- [38] Petersen, K.; Feldt, R.; Mujtaba, S.; Mattsson, M. 2008. *Systematic Mapping Studies in Software Engineering*. In *Proc. of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering EASE*.
- [39] Sajedi, A.; Mahdavi, M.; Pourshirmohammadi, A.; Nejad, M. M. 2008. *Fundamental Usability Guidelines for User Interface Design*. In *Proc. of International Conference on Computational Sciences and Its Applications ICCSA IEEE Computer Society*, 106-113.
- [40] Sindhgatta, R.; Srinivas, T., 2005. *Functional and Non-Functional Requirements Specification for Enterprise Applications*. Springer, Berlin, Alemania.
- [41] Soares, M. S.; Vrancken, J. L. M. 2008. Model-driven User Requirements Specification using SysML. *Journal of Software*. 57-68.
- [42] Sutcliffe, A., G. ; Ryan, M. 1998. Experience with SCRAM, a Scenario Requirements Analysis Method. In *Proc. of the 3rd International Conference on Requirements Engineering: Putting Requirements Engineering to Practice*, IEEE Computer Society.
- [43] Sutcliffe, A. G.; Kurniawan, S.; Jae-Eun, S. 2006. A method and advisor tool for multimedia user interface design. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 64, 4, 375-392.
- [44] Svensson, B.; Gorschek, T.; Regnell, B.; Torkar, R.; Shahrokni, A.; Feldt, R. 2011. Quality Requirements in Industrial Practice - an extended interview study at eleven companies. *IEEE Trans. Softw. Eng.* 99, 1-14.
- [45] Svensson, R. B.; Höst, M.; Regnell, B. 2010. *Managing Quality Requirements: A Systematic Review*. In *36th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*. 261-268.
- [46] Yi, L.; Zhiyi, M.; Weizhong, S. 2010. Integrating Non-functional Requirement Modeling into Model Driven Development Method. In *Proceedings of the 2010 Asia Pacific Software Engineering Conference*, IEEE Computer Society.
- [47] Yu, E. 1997. *Towards Modelling and Reasoning Support for Early-Phase Requirements Engineering*. In *IEEE Int. Symp. on Requirements Engineering*. 226-235.

