



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ

# **Metodología de evaluación de usabilidad para sistemas de información basados en Web**

**Julio César Sierra González**  
**Ingeniero de Sistemas**

**Universidad Nacional de Colombia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Bogotá, Colombia**  
**2016**



# **Metodología de evaluación de usabilidad para sistemas de información basados en Web**

**Julio César Sierra González**  
**Ingeniero de Sistemas**

**Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:  
Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación**

**Director:**  
**José Ismael Peña Reyes Ph. D**

**Línea de investigación: Sistemas y Organizaciones**

**Grupo de investigación:**  
**GISTIC - Grupo de investigación en Sistemas y TIC en las  
organizaciones**

**Universidad Nacional de Colombia**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Bogotá, Colombia**

**2016**



Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, D.C., septiembre de 2016



## **Dedicatoria**

*A Dios como fuente permanente de sabiduría y conocimiento,  
A la memoria de mi madre Clara Inés, A mi padre Julio Vicente,  
A mis hijos Ángela Patricia, Julio César, Marcela,  
Laura Stella y Julián Camilo.*



## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional de Colombia, por ser mi Alma Máter y por ser una de las instituciones educativas que más han aportado al desarrollo académico y científico de este país.

A mi director de tesis, Dr. José Ismael Peña Reyes por dirigir el desarrollo del presente trabajo, y por su acertada dirección del Grupo de Investigación y Sistemas y TIC en las Organizaciones – GISTIC.

A mis compañeros del Grupo de Investigación y Sistemas y TIC en las Organizaciones – GISTIC, quienes siempre aportaron valiosos y acertados conceptos en las exposiciones parciales del presente trabajo.

Al Grupo de Investigación COMMONS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, por sus valiosos aportes en el desarrollo de instrumentos de recolección de datos.

A mis estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, por su valiosa colaboración en el desarrollo de pruebas de usabilidad del portal Web de la Universidad.

A mis amigos, compañeros y personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo del presente trabajo.



## Resumen

La Web se ha convertido actualmente en el medio más popular y masivo para la divulgación de todo tipo de información textual y multimedia, incluyendo la suministrada por los Sistemas de Información basados en la Web (Web Based Information Systems, WIS), los cuales van desde pequeños servicios a aplicaciones corporativas a gran escala.

Un WIS es un paradigma de sistemas de comunicación que consiste en un sistema de información respaldado por bases de datos, realizado y distribuido sobre la Web para ofrecer procesamiento interactivo de información y servicios que acceden en forma concurrente y remota. Para este tipo de sistemas no es suficiente la interactividad sobre sus funciones, sino que sean usables, y la usabilidad que demuestren es un factor importante de calidad, eficiencia, seguridad y éxito.

Sin embargo existen varias limitaciones en las propuestas actuales de evaluación de usabilidad Web, donde el concepto de usabilidad se soporta parcialmente y aunque utilizan modelos de usabilidad y técnicas comunes en la recolección de datos no se ha logrado establecer un acuerdo respecto a los criterios de evaluación, ni respecto a los estándares establecidos. Luego, no hay un modelo generalmente aceptado en la comunidad académica para la evaluación de usabilidad de sistemas de información en general, como tampoco para sistemas de información basados en la Web (WIS).

Esta tesis tiene como objetivo, proponer una metodología de evaluación de usabilidad para sistemas de información basadas en la Web (WIS) en operación. La metodología se basa en la evaluación de usabilidad por parte del usuario, desde las perspectivas de medición empírica de desempeño e indagación individual, y utilizando un modelo de evaluación propuesto compuesto por dos sub-modelos que integran los dos enfoques de usabilidad actualmente utilizados: usabilidad como proceso de uso y usabilidad como producto en uso desde la perspectiva de sistema Web. El primer sub-modelo se encuentra basado en la integración de las dimensiones y medidas propuestas en ampliaciones de los modelos del estándar ISO/IEC 9241-11 (1998) y de Nielsen (1989) reportadas por diversos autores en la literatura. De la misma forma, el segundo sub-modelo se encuentra basado en la integración de dimensiones y medidas propuestas en ampliaciones de los modelos de los estándares ISO/IEC 9126 (2001) e ISO/IEC 25000 (SQuaRE (2010) junto con las dimensiones y medidas planteadas para aplicaciones Web y provenientes de modelos de desarrollo Web dentro del contexto de arquitectura dirigida por modelos. Esta integración de medidas y dimensiones se hizo atendiendo al planteamiento de Dennis (1998) quien afirma que un WIS es un sistema de información y como segunda instancia un sistema Web.

La metodología de evaluación fue validada empíricamente mediante el desarrollo de un estudio de caso. El objetivo del estudio empírico fue evaluar la efectividad, eficiencia, facilidad de uso percibida y satisfacción percibida de los usuarios participantes cuando utilizaron la metodología de evaluación propuesta en comparación con la evaluación heurística (HE), método de inspección ampliamente utilizado en la industria. El análisis de los datos obtenidos en la aplicación de los dos métodos mostró que la metodología de evaluación de usabilidad para WIS propuesta y HE obtuvieron la misma medida de percepción de usabilidad de los usuarios, pero que la metodología de evaluación de usabilidad propuesta fue más eficaz, eficiente, fácil de usar y más satisfactoria en su uso que HE.

Desde una perspectiva práctica, la validación empírica realizada sólo proporciona resultados preliminares sobre la utilidad de la metodología de evaluación propuesta ya que solo son válidos en el contexto establecido en el caso de estudio. Por lo tanto para poder concluir sobre la utilidad general de los sub-modelos de evaluación de usabilidad y de la metodología propuesta es necesario efectuar más estudios empíricos en otros contextos.

Palabras clave: Usabilidad, sistemas de información basados en la Web, evaluación de usabilidad, Métodos de evaluación de usabilidad, Metodología de evaluación de usabilidad

# Contenido

	<b>Pág</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>IX</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>XVII</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>1 Introducción .....</b>	<b>3</b>
1.1 Evaluación de usabilidad de WIS (Web Based Information Systems, WIS) en producción .....	3
1.2 Métodos de evaluación de usabilidad (Usability Evaluation Method, UEM) basados en el usuario .....	2
1.3 Modelos y estándares de evaluación de usabilidad.....	3
1.4 Descripción del problema .....	4
1.5 Objetivos de la investigación .....	5
1.6 Ambiente de la investigación.....	6
1.7 Diseño de la investigación. ....	6
1.7.1 Revisión Sistemática de Literatura (Systematic Literature Review, SLR) .....	7
1.7.2 Modelado de Ecuaciones Estructurales (Structural Equation Modeling, SEM) .....	9
1.7.3 Estudio de caso.....	9
1.8 Estructura de la tesis .....	11

<b>2 Sistemas de Información Basados en la Web (Web Based Information Systems, WIS) .....</b>	<b>14</b>
2.1 Clases de WIS .....	14
2.2 Componentes funcionales de los WIS .....	16
2.3 Modelos que componen un WIS.....	<b>21</b>
2.3.1 Modelo de contenido y calidad de la información.....	22
2.3.2 Modelo de presentación. . .....	25
2.3.3 Modelo de navegación. . .....	25
2.3.4 Modelo de Adaptación.....	30
2.4 Conclusiones.....	34
<b>3 Modelos y estándares para la evaluación de usabilidad.....</b>	<b>36</b>
3.1 Enfoques en la definición de usabilidad .....	36
3.2 Modelos y estándares de Usabilidad como calidad en uso.....	37
3.3 Modelo integrado de Usabilidad como calidad en uso.....	42
3.4 Modelos y estándares de Usabilidad como componente de calidad del producto.....	46
3.5 Modelo integrado de Usabilidad como componente de calidad del producto.....	53
3.6 Enfoques de evaluación de usabilidad basados en estándares.....	53
3.7 Conclusiones.....	63

<b>4 Revisión de literatura sobre UEMs para aplicaciones Web .....</b>	<b>66</b>
4.1. Necesidad de una revisión sistemática de literatura .....	66
4.2 Método de investigación.....	66
4.2.1 Fase de planeación de la revisión.....	67
4.3 Resultados de la SRL.....	69
4.3.1 Tipos de UEMs empíricos y de indagación y sus principales características. ....	72
4.3.2 Técnicas más utilizadas por los UEMs empíricos y de indagación .....	74
4.3.3 Interrelaciones de los UEMs empíricos y de indagación y su causalidad.....	76
4.3.4 Tipos de UEMs empíricos y de indagación más utilizados y como se han aplicado .....	77
4.3.5 Fase de desarrollo en la cual se han aplicado los UEMs empíricos y de indagación .....	85
4.3.6 Información que proveen al evaluador los UEMs empíricos y de indagación.....	85
4.3.7 Eficiencia de UEMs empíricos y de indagación .....	85
4.3.8 Marco teórico de usabilidad utilizado en la aplicación de UEMs empíricos y de indagación .....	86
4.3.9 Tipos de WIS evaluados por los UEMs empíricos y de indagación estudiados .....	87
4.3.10 Interés sobre UEMs empíricos y de indagación.....	87
4.4 Discusión .....	89
4.5 Conclusiones .....	89

<b>5 Modelo de evaluación de usabilidad para WIS.....</b>	<b>91</b>
5.1 Especificación del modelo .....	91
5.1.1 Planteamiento del modelo teórico .....	92
5.1.2 Planteamiento del modelo de medida e hipótesis .....	97
5.1.3 Cuestionario para evaluación del modelo de usabilidad propuesto .....	104
5.2 Identificación del modelo .....	109
5.3 Estimación de parámetros del modelo .....	109
5.4 Evaluación del ajuste del modelo .....	109
5.5 Re-especificación del modelo.....	110
5.6 Conclusiones.....	110
<b>6 Metodología de evaluación de usabilidad para WIS .....</b>	<b>112</b>
6.1 Planteamiento de la metodología.....	112
6.1.1 Objetivo de la metodología .....	112
6.1.2 Elementos de valoración de la metodología.....	112
6.1.3 Medidas .....	116
6.1.4 Fases y secuencia de pasos de la metodología .....	116
6.2 Diseño de la metodología .....	116
6.2.1 Usuarios.....	116

6.2.2 Tareas .....	117
6.2.3 Medidas .....	118
6.2.4 Fases y secuencia de la metodología propuesta .....	118
6.3 Implementación de la metodología.....	122
6.3.1 Fase pre-test.....	122
6.3.2 Fase de test .....	124
6.3.3 Fase post-test .....	125
6.3.4 Fase de documentación y entrega del informe .....	139
6.4 Validación de la metodología .....	140
6.4.1 Criterios de evaluación de UEMs.....	140
6.4.2 Métodos usados en la validación empírica.....	140
6.4.3 Estudio de caso para la validación empírica de UEMWIS .....	141
6.5 Conclusiones .....	152
<b>7 Conclusiones .....</b>	<b>154</b>
7.1 Conclusiones .....	154
7.1.1 Objetivo 1: Clasificación de los UEMs empíricos y de indagación.....	154
7.1.2 Objetivo 2: Análisis de la aplicación reportada de UEMs empíricos y de indagación .....	155

7.1.3 Objetivo 3: Plantear un modelo de evaluación de usabilidad para WIS .....	157
7.1.4 Objetivo 4: Validar la metodología de evaluación planteada .....	157
7.2 Publicaciones relacionadas .....	158
7.3 Investigaciones futuras .....	158
<b>Anexo A. Planilla de control de la revisión sistemática de literatura .....</b>	<b>160</b>
<b>Anexo B. Tablas de planteamiento del modelo propuesto .....</b>	<b>172</b>
<b>Anexo C. Cuestionarios de metodología de evaluación de usabilidad .....</b>	<b>181</b>
<b>Anexo D. Reportes de procesamiento de datos .....</b>	<b>187</b>
<b>Anexo E. Evaluación del modelo de usabilidad .....</b>	<b>220</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>235</b>

## Índice de figuras

Figura 1.1	Resumen de diseño de la investigación.....	6
Figura 4.1	Número de publicaciones extraídas sobre uems empíricos y de indagación por año .....	88
Figura 4.2	Número de publicaciones sobre uems empíricos y de indagación por año.....	88
Figura 5.1	Enfoques teóricos usados para plantear el modelo de investigación .....	92
Figura 5.2	Modelo sem propuesto para la evaluación de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso.....	98
Figura 5.3	Modelo sem propuesto para la evaluación de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web .....	102
Figura 6.1	Metodología propuesta para evaluación de usabilidad.....	114
Figura 6.2	Percepción de usabilidad para 23 tareas.....	148
Figura 6.3	Percepción de usabilidad para 14 tareas.....	149

## Índice de tablas

Tabla 1.1	Fases del modelo de SRLI (Kitchenham, 2007).....	8
Tabla 1.2	Fases de modelado SEM .....	10
Tabla 1.3	Fases para un estudio de caso (Yin, 2003).....	11
Tabla 2.1	Componentes funcionales de WIS desde el enfoque MDA. ....	22
Tabla 2.2	Identificación de medidas de las categorías representacional y contextual en modelos de calidad de información.....	26
Tabla 2.3	Descripción de las medidas más utilizadas en el modelo representacional de calidad de la información.....	27
Tabla 2.4	Resumen de enfoques a preguntas de navegación de Nielsen (1990).....	28
Tabla 2.5	Descripción de medidas más utilizadas de la dimensión de navegación desde el enfoque de navegabilidad Web.....	31
Tabla 3.1	Características de usabilidad en el enfoque de calidad en uso. ....	43
Tabla 3.2	Modelo integrado de medidas de usabilidad como calidad en uso. ....	44
Tabla 3.3	Modelo integrado de medidas de usabilidad como calidad en uso (Continuación).....	45
Tabla 3.4	Frecuencia relativa de sub-características de usabilidad en el enfoque de calidad del producto.....	54
Tabla 3.5	Medidas de sub-característica de reconocimiento apropiado.....	55
Tabla 3.6	Medidas de sub-característica de capacidad para ser operado. ....	56
Tabla 3.7	Medidas de sub-característica de capacidad de atracción (Estética de la GUI) .	57
Tabla 3.8	Modelo integrado de usabilidad en el enfoque de calidad del producto .....	58
Tabla 4.1	Ecuación de búsqueda. ....	69

Tabla 4.2	Resultados de la srl sobre uems empíricos y/o de indagación más utilizados para la evaluación de WIS.....	70
Tabla 4.3	Resultados de la srl sobre uems empíricos y/o de indagación más utilizados para la evaluación de WIS (Continuación) .....	71
Tabla 4.4	Proporción de tipos de UEMs usados simultáneamente .....	76
Tabla 4.5	Combinaciones de uems empíricos y de indagación, y técnicas de evaluación de usabilidad.....	77
Tabla 4.6	Tipos de WIS evaluados por UEMs empíricos y de indagación. ....	87
Tabla 5.1	Modelo teórico de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso.....	93
Tabla 5.1	Modelo teórico de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso (Continuación) .....	94
Tabla 5.2	Modelo teórico de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.....	95
Tabla 5.2	Modelo teórico de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web (Continuación).....	96
Tabla 5.3	Descripción del modelo de medida de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso.....	97
Tabla 5.3	Descripción del modelo de medida de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso (Continuación). ....	98
Tabla 5.4	Descripción del modelo de medida de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web .....	101
Tabla 5.5	Preguntas de percepción de usabilidad en el enfoque de proceso de uso.....	106
Tabla 5.6	Preguntas de percepción de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web. ....	107
Tabla 5.6	Preguntas de percepción de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web (Continuación). ....	108
Tabla 5.7	Distribución de preguntas asociadas a dimensiones de usabilidad. ....	108

Tabla 5.8	Criterios de aceptabilidad de índices de bondad de ajuste. ....	110
Tabla 6.1	Características asociadas de uems y técnicas asociadas adoptadas.....	113
Tabla 6.2	Comparativo de metodología de evaluación propuesta con la metodología de Anandhan <i>et al.</i> (2006) y Yusuf <i>et al.</i> (2014).....	119
Tabla 6.3	Resumen de frecuencia de información demográfica. ....	125
Tabla 6.4	Frecuencia y promedios de tareas identificadas en test de usuario por grupos.	127
Tabla 6.5	Tareas ordenadas por frecuencia consolidada de tareas reportadas .....	128
Tabla 6.5	Tareas ordenadas por frecuencia consolidada de tareas reportadas (continuación).....	129
Tabla 6.6	Resumen de cantidad de comentarios sobre usabilidad de tareas reportadas ordenada por total de comentarios negativos. ....	130
Tabla 6.7	Clasificación por tareas de dimensiones de usabilidad afectadas negativamente por comentarios en test de usuario. ....	132
Tabla 6.7	Clasificación por tareas de dimensiones de usabilidad afectadas negativamente por comentarios en test de usuario (ontinuación).....	133
Tabla 6.8	Resumen de promedio total de índices de usabilidad evaluados.....	134
Tabla 6.9	Identificación de tareas con problemas de usabilidad.....	138
Tabla 6.10	Vinculación entre datos y proposiciones del estudio de caso. ....	145
Tabla 6.11	Cálculo de estadísticos de percepción de usabilidad para 23 tareas.....	147
Tabla 6.12	Cálculo de estadísticos de percepción de usabilidad para 14 tareas.....	148
Tabla 6.13	Cantidad de problemas de usabilidad identificados por UEMWIS y HE .....	150
Tabla 6.14	Eficiencia calculada por tarea para UEMWIS y HE. ....	151



## Introducción

### 1.1 Evaluación de usabilidad de WIS (Web Based Information Systems, WIS) en producción

El uso de la Web ha crecido explosivamente en los últimos años, pasando de ser un medio de comunicación a un vehículo de difusión de información (Worwa, *et al.*, 2011). Muchos Sistemas de Información tradicionales se están desarrollando y/o se han convertido en WIS, interactivos y presentes en numerosos dominios, convirtiéndose en sistemas críticos para las estrategias de negocio de muchas organizaciones.

A nivel de implementación, para garantizar el éxito de los WIS no es suficiente con satisfacer sus requisitos funcionales, sino que debe lograrse una eficiente usabilidad como aspecto crítico de aceptación por parte una gran cantidad de diversos tipos de usuarios que hacen uso de estas aplicaciones en forma concurrente y remota a través de navegadores (Levin, 2011; Abrahão *et al.* 2014). Por lo tanto, las metodologías de evaluación de usabilidad desde el enfoque de percepción de los usuarios de este tipo de sistemas se ha convertido en un factor importante para determinar esta característica.

La usabilidad es un factor importante para determinar calidad del software, según Abran (2003), Bevan (1995) y Seffah (2006) entre otros. Según Gulati (2012), los sistemas de software usables no sólo son más eficaces, precisos y seguros sino también son mucho más exitosos. Desafortunadamente, Fitzpatrick (1998), Hertzum (2003), Seffah (2006) y Dubey (2010), concluyen en sus estudios que existe confusión en el uso de modelos, métodos, técnicas y herramientas para evaluar usabilidad, aún cuando un subconjunto de éstas son de uso común, por lo cual en la actualidad no hay criterios o modelos generalmente aceptados en la comunidad académica para la definición y evaluación de usabilidad, debido a sus características difusas y a la amplia variedad de propuestas en su interpretación.

Las Interfaces de Usuario (User Interface, UI) de los WIS actuales son basadas en hipermedia, además de tener un alto nivel de complejidad funcionalidad (Abrahão *et al.*, 2014), de plataforma de base tecnológica, de los dominios del sistema y externos, así como de modelado de personalización, ubicuidad y adaptación. Por lo tanto para desarrollar metodologías y procesos de evaluación de usabilidad de este tipo de sistemas es necesario remitirse a metodologías de desarrollo de la Ingeniería Web, que abordan en forma explícita los métodos y herramientas con los cuales resuelven los complejos requisitos,

haciendo evidentes sus características, relaciones, funciones y prestaciones. En este contexto, el paradigma de la Arquitectura Dirigida por Modelos (Model Driven Architecture, MDA) está siendo usado para abordar con éxito la construcción, evolución y adaptación de aplicaciones Web (Koch *et al.*, 2008). Este enfoque ofrece metodologías y herramientas para el diseño y desarrollo de la mayoría de los tipos de aplicaciones Web, incluyendo los WIS, utilizando modelos que con el apoyo de compiladores producen la mayor parte de las páginas Web de una aplicación.

Por consiguiente, la evaluación de la usabilidad se ha convertido en un importante campo de investigación. Esta problemática motiva el objetivo de la presente investigación, que es proponer una metodología de evaluación de usabilidad orientada a los WIS y basada en la medición cuantitativa y cualitativa de la percepción de sus usuarios, utilizando un modelo de usabilidad obtenido de la integración teórica de los autores y estándares más representativos en el área, desarrollada para un WIS real y con sujetos de prueba reales.

### **1.2 Métodos de evaluación de usabilidad (Usability Evaluation Method, UEM) basados en el usuario.**

Según Bevan (1995), se presentan dos enfoques complementarios en la definición de usabilidad: en el primer enfoque, la usabilidad se presenta *orientada al proceso de uso* de un producto de tal forma que satisfaga las expectativas del usuario. En este enfoque, la usabilidad es sinónimo de *calidad en uso* (Bevan, 1995; Seffah, 2006) y las dimensiones que la identifican son de alto nivel, objetivas e independientes, en el sentido de que no pueden ser modificadas por el diseñador en forma consciente y directa (Oztekin *et al.*, 2009).

En el segundo enfoque, la usabilidad se presenta *orientada al producto* y se la considera en términos la *facilidad en uso* de la interface de usuario, componente que afecta la calidad del producto. En este enfoque las dimensiones que la identifican son de bajo nivel, subjetivas y dependientes, en el sentido que se pueden cambiar directamente por el analista o diseñador de la interface de usuario (Oztekin *et al.*, 2009). Según Fernández (2012), las diferentes características de usabilidad planteadas en cada enfoque afectan directamente la forma de evaluarla, ya que cada método empleado pueden centrarse en los distintos aspectos de la usabilidad.

Para cada enfoque en la definición de usabilidad, se pueden aplicar UEMs empíricos y de indagación. Los UEMs empíricos son un tipo de evaluación que se caracterizan por pedir al usuario ejecutar tareas en una WIS en operación y evaluarla, con el objetivo de recolectar la información asociada a esta evaluación, es decir a la *facilidad de uso*. Por otro lado, los

UEMs de indagación se caracterizan porque permiten obtener del usuario una aproximación sobre su percepción de usabilidad respecto al producto software a evaluar, es decir sobre la *calidad en uso*. En este tipo de UEMs las herramienta de recolección de datos más utilizados según los trabajos reportados en la literatura son los cuestionarios y las encuestas.

### 1.3 Modelos y estándares de evaluación de usabilidad

Como se planteó en la sección anterior, se presentan dos enfoques complementarios en la definición de usabilidad: usabilidad orientada al *proceso de uso* de un producto y usabilidad orientada al *producto*. En el primer enfoque el estándar básico utilizado es el ISO/IEC 9241-11 (1998), que define la usabilidad como “*el grado en el que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico*”, definición muy cercana a la perspectiva de la interacción humana con un WIS. Por otro lado, en el segundo enfoque de usabilidad, el estándar básico utilizado es el ISO/IEC 9126 (2001), que define usabilidad como “*la capacidad que tiene un producto software para ser entendido, aprendido, operable, atractivo para el usuario y conforme a estándares/guías, cuando es utilizado bajo unas condiciones específicas*”, definición adoptada y ampliamente usada por la comunidad de Ingeniería del Software.

En un intento de unificar las características más sobresalientes de los anteriores estándares, la ISO planteó el estándar ISO/IEC 25000 (2010) (Systems and software Quality Requirements and Evaluation, SQuaRE), el cual define la usabilidad como “*grado en que un producto o sistema puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico*”, definición tomada del estándar ISO/IEC 9241-11 (1998).

No obstante las definiciones de usabilidad relacionadas en los estándares anteriormente citados, varios autores han planteado serias deficiencias y desventajas cuando se tratan de aplicar para evaluar la usabilidad de aplicaciones Web en general. Para ISO/IEC 9241-11 (1998), se plantean desventajas tales como definición de usabilidad desde un solo punto de vista (Seffah, 2008), planteamiento de un pequeño conjunto de atributos (Orehovacki, 2010) y como modelo de calidad demasiado abstracto (Seffah, 2006). Para suplir las deficiencias identificadas en este estándar, autores como Seffah (2008), Quesembery (2001, 2003), Shneiderman & Plaisant (2005), Seffah *et al.* (2006), Preece (2007) y Dubey *et al.* (2012) entre otros, plantean sus propios modelos de usabilidad con ampliaciones y redefiniciones de dimensiones de usabilidad de este estándar.

## 4 Capítulo 1. Introducción

Con respecto al estándar ISO/IEC 9126 (2001), se plantean deficiencias con respecto a superposición de atributos, falta de directrices y procedimientos para evaluación de usabilidad (Orehovacki, 2010). Al igual que con el estándar anteriormente descrito, autores como Olsina y Rossi (2002), Abrahão *et al.* (2005) y Calero *et al.* (2005) entre otros plantean sus propios modelos de usabilidad con ampliaciones y redefiniciones de dimensiones de usabilidad de este estándar. De la misma forma, con respecto al estándar ISO/IEC 25000 (2010) SQuaRE, se plantean deficiencias con respecto a que el estándar es muy genérico para usarse (Abrahão *et al.*, 2014), por lo cual plantean sus propios atributos medibles con el fin de cubrir un conjunto de aspectos de usabilidad web lo más ampliamente posible.

En consonancia con las observaciones de Abran (2003), Seffah (2006) y Dubey (2012), se observa hay una serie de modelos en la literatura donde cada autor describe su propio modelo de usabilidad en términos de un conjunto diferente de atributos que son muy breves y vagamente definidos, heterogéneos, usando distintos términos para definir el mismo atributo o usando el mismo término para describir los diferentes conceptos, haciendo difícil su utilización. Para resolver el problema de la gran variedad de modelos se hace necesario entonces integrar las características y dimensiones relacionadas en la literatura, que tengan mayor frecuencia, y de éstas a su vez seleccionar las medidas de usabilidad que también presenten la mayor frecuencia de utilización, para presentar un nuevo modelo de evaluación de usabilidad.

### 1.4 Descripción del problema

La Web se ha convertido actualmente en el medio más popular y masivo para la divulgación de todo tipo de información textual y multimedia incluyendo la proporcionada por WIS. Esta forma de difusión de información proporciona grandes ventajas sobre otros medios en las organizaciones como los sistemas distribuidos y las intranets, para difundir e intercambiar información entre organizaciones y personas interesadas dispersas geográficamente en un momento determinado.

Para este tipo de sistemas de información, no es suficiente la interactividad sobre sus funciones, sino se requiere que sean usables, y la usabilidad que muestren es un factor determinante de calidad, eficiencia, seguridad y éxito.

Para la evaluación de usabilidad se han reportado en la literatura varios métodos y aunque utilizan modelos de usabilidad y técnicas comunes en la recolección de datos, no se ha logrado establecer un acuerdo respecto a los criterios de evaluación ni entre ellos, ni respecto a los estándares establecidos. No hay un modelo generalmente aceptado en la

comunidad académica para la evaluación de usabilidad, lo cual crea una oportunidad de plantear un modelo adaptado a nuestro contexto de uso colombiano.

En nuestro medio, a nivel universitario existen requerimientos legales para procesos de acreditación institucional, que exigen WIS de alta calidad que redunden en el beneficio de estudiantes y público en general, es decir, WIS usables. Para resolver este requerimiento, la comunidad académica colombiana no cuenta con metodologías comúnmente aceptadas de evaluación de usabilidad.

Para abordar y resolver la problemática anteriormente descrita, es necesario desarrollar una Metodología de Evaluación de Usabilidad para WIS, que sea de aplicación en organizaciones de educación superior colombianas, basada en la revisión bibliográfica de modelos de usabilidad y sus métodos de evaluación, que contemple los objetivos propios de nuestro contexto de uso, así como aspectos propios de los usuarios finales. A nivel específico, se plantea desarrollar la metodología de evaluación de usabilidad de aplicación en organizaciones de educación superior colombianas, combinando métodos de evaluación empíricos y de indagación, para evaluar la usabilidad de sus WIS.

### **1.5 Objetivos de la investigación**

El objetivo de esta tesis de maestría es desarrollar una metodología de evaluación empírica de usabilidad para WIS en producción en entidades universitarias.

Los objetivos específicos que componen el objetivo general son:

- Analizar a profundidad los métodos de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación, para catalogarlos y determinar sus características principales e interrelaciones para determinar su causalidad.
- Analizar a profundidad la aplicación reportada de los métodos de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación, para determinar cuáles han sido los más utilizados, en que fases de desarrollo se han aplicado, que información proveen al evaluador, cuáles han sido más eficientes y en que circunstancias.
- Plantear un modelo de evaluación de usabilidad para WIS, partiendo de las definiciones más recientes de usabilidad relacionadas con la calidad de uso y facilidad de uso, identificando sus atributos medibles y métricas asociadas.
- Validar la metodología de evaluación planteada, efectuando pruebas empíricas de usabilidad, por medio de un caso de estudio en una entidad universitaria.

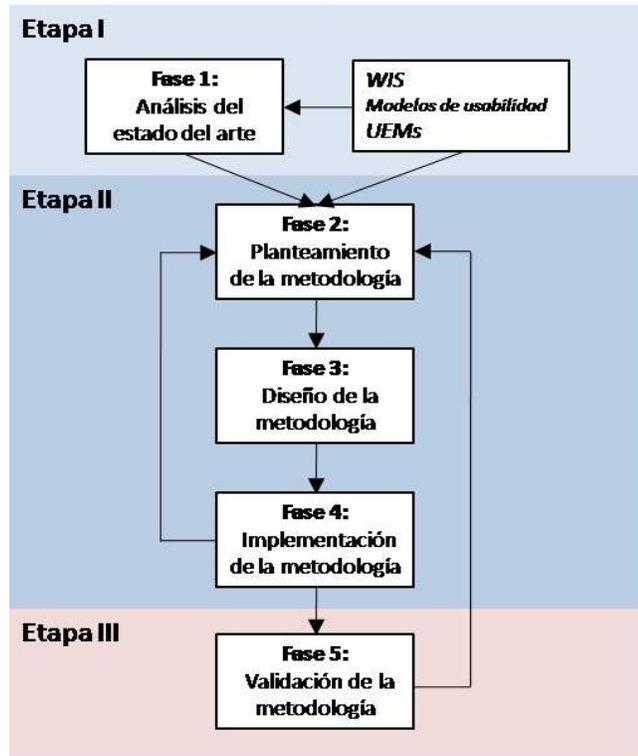
## 1.6 Ambiente de la investigación

La presente tesis de maestría en la modalidad de investigación, se desarrolló en el Grupo de Investigación de Sistemas de Información y Tecnologías de la Información las Comunicaciones (GISTIC) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

## 1.7 Diseño de la investigación.

El trabajo de investigación presentado en esta tesis de maestría se llevó a cabo en tres etapas, que se resumen en la Figura 1.1. La primera etapa está relacionada con el estudio del estado del arte de modelos de desarrollo Web planteados desde el enfoque MDA, modelos y estándares para evaluación de usabilidad desde los enfoques de proceso en Uso y producto en uso y UEMs para aplicaciones Web. Para el desarrollo de los dos primeros estados de arte se siguió una metodología de revisión cualitativa de literatura, y para el último se siguió la metodología de revisión sistemática de literatura (Systematic Literature Review, SLR).

Figura 1.1 Resumen de diseño de la investigación



Fuente: Elaboración propia

La segunda etapa está relacionada con la propuesta de una metodología de evaluación de usabilidad para WIS objetivo de la presente investigación, la cual es planteada y diseñada para luego ser implementada en una aplicación práctica con el objetivo de depuración. Como componente principal de esta metodología de evaluación propuesta, se encuentra a su vez propuesto un modelo de evaluación de usabilidad, el cual es evaluado siguiendo como metodología el modelado SEM.

Por último, la tercera y última etapa está relacionada con la validación empírica de la metodología planteada mediante un estudio de caso. La descripción general de los métodos de investigación relacionados para cada etapa en este trabajo de investigación se describen a continuación.

### **1.7.1 Revisión Sistemática de Literatura (Systematic Literature Review, SLR)**

En el área de UEMs empíricos y de indagación se ha reportado abundante literatura sobre métodos y técnicas de evaluación de usabilidad para diversos tipos de WIS. En esta situación, Kitchenham (2007) plantea que se hace necesario resumir en forma sistemática la evidencia existente para identificar, evaluar e interpretar investigaciones relacionadas con preguntas de investigación en particular. De esta manera, se examina la literatura científica sobre una temática específica, partiendo de una pregunta formulada de forma objetiva y utilizando métodos explícitos para seleccionar y valorar críticamente las publicaciones que responden a las necesidades de investigación definidas.

Para Kitchenham (2007) las razones más comunes para efectuar una SLR son:

- Para resumir la evidencia existente en relación con un tratamiento o la tecnología.
- Para identificar vacíos en la investigación actual con el fin de sugerir áreas de mayor investigación.
- Para proporcionar un marco para posicionar adecuadamente nuevas actividades de investigación.

Adicionalmente, plantea como ventajas de la SRL:

- Como una metodología bien definida hace que sea menos probable que los resultados de la literatura están sesgadas, aunque no protege contra el sesgo de publicación en estudios primarios.

## 8 Capítulo 1. Introducción

- Puede proporcionar información sobre los efectos de un fenómeno a través de un amplio rango de configuraciones y métodos empíricos. Si los estudios dan resultados consistentes, las revisiones sistemáticas proporcionan evidencia de que el fenómeno es robusto y transferible. Si los estudios dan resultados inconsistentes, se pueden estudiar las fuentes de variación.
- En el caso de estudios cuantitativos, es posible combinar los datos utilizando técnicas de meta-análisis. Esto aumenta la probabilidad de detectar efectos reales que estudios más pequeños individuales son incapaces de detectar.

Como la mayor desventaja de las SLR, Kitchenham (2007) plantea que requieren un esfuerzo considerablemente mayor que las revisiones bibliográficas tradicionales. Además, su poder para meta-análisis también puede ser una desventaja, ya que es posible detectar sesgos pequeños.

A nivel de implementación de una SRL plantea tres fases: planificación, ejecución y reporte de la revisión, como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Fases del modelo de SRL (Kitchenham, 2007).

Etapas	Fases
I. Planeación de la revisión	1.1 Identificación de la necesidad de una revisión 1.2 Puesta en marcha de la revisión 1.3 Especificación de la pregunta (s) de investigación 1.4 El desarrollo de un protocolo de revisión 1.5 Evaluación del protocolo de revisión
II. Ejecución de la revisión	2.1 Identificación de la investigación 2.2 Selección de los estudios primarios 2.3 Evaluación de la calidad del estudio 2.4 La extracción de datos y monitoreo 2.5 Síntesis de datos 2.6 Reporte de la revisión
III. Reporte	3.1 Reporte 3.2 Evaluación

### 1.7.2 Modelado de Ecuaciones Estructurales (Structural Equation Modeling, SEM)

Cuando un investigador diseña estudios en los cuales solo tiene variables medidas y sabe que su variabilidad se debe a la existencia de otras variables que no son observables directamente, puede establecer relaciones entre estas planteando un modelo teórico a priori, que le permita inferir las no observables a partir de patrones de correlación. En estos casos, el investigador dispone de dos técnicas muy relacionadas: los SEM (Jöreskog y Sörbom, 1982) y el análisis factorial confirmatorio (Confirmatory Factor Analysis, CFA). Estas dos técnicas contrastan un modelo teórico planteado sobre las relaciones entre variables dependientes e independientes, además de proporcionar un mecanismo para la toma del error de medición en las variables observadas en un modelo dado (Raykov & Marcoulides, 2012).

En SEM, el investigador dispone de un conjunto de datos observados que se resumen en una matriz de varianzas-covarianzas. Así, el objetivo se reduce a estimar un conjunto de parámetros que indiquen la relación entre las variables, de modo que pueda estimarse una matriz de varianzas-covarianzas poblacional que sea lo más parecida posible a la matriz observada muestral. Para la obtención de las estimaciones relacionadas, con frecuencia se utiliza el software AMOS, el cual genera una matriz de varianzas y covarianzas del modelo diseñado por el investigador, y la compara con la matriz real de varianzas y covarianzas que se esté estudiando, para determinar hasta qué punto se diferencian. Así, cuanto más parecidas sean mejor será el modelo, puesto que ello querrá decir que el modelo reproduce el entramado de relaciones existente en la realidad.

En conclusión, SEM es una técnica que permite al investigador evaluar modelos teóricos, convirtiéndose en una de las herramientas más utilizadas para el estudio de relaciones causales sobre datos no experimentales cuando estas relaciones son de tipo lineal (Kerlinger, y Lee, 2002).

El proceso de investigación orientado al análisis mediante SEM implica seis fases fundamentales (Schumacker & Lomax, 2004; Kline, 2005): especificación del modelo, identificación del modelo, estimación de parámetros, evaluación del ajuste, re-especificación del modelo e interpretación de resultados, según se muestra en la Tabla 1.2.

### 1.7.3 Estudio de caso.

El estudio de caso es un método de investigación cualitativa que estudia un fenómeno o componente de la realidad dentro de su contexto real (Yin, 2003), para llegar a comprender

su comportamiento en circunstancias concretas (Stake, 1998), y de esta forma comprender las características de una clase más amplia de fenómenos similares (Gerring, 2004).

Tabla 1.2 Fases de modelado SEM.

Fase de modelado	Objetivo
1. Especificación del modelo	Formulación gráfica del modelo. Modelos de medida y estructural.
2. Identificación del modelo	Verificar para el modelo teórico, si sus parámetros pueden derivarse de la cantidad de datos a recolectar. Si no se identifica el modelo se debe ir nuevamente a la Fase 1 de modelado SEM: Especificación del modelo.
3. Estimación de parámetros	Obtener estimaciones para los parámetros del modelo a partir de los datos recolectados.
4. Evaluación del ajuste	Determinar el grado en que el modelo teórico es apoyado por los datos de las muestras obtenidas. Se usa CFA para el modelo de medida.
5. Re-especificación del modelo	Si el modelo no ajusta, se deben modificar los modelos de medida y estructural y volver a la Fase 1 de modelado SEM: Especificación del modelo.
6. Interpretación de resultados	Interpretar resultados en el dominio del problema de acuerdo a los valores de los parámetros del modelo de medida y estructural.

En este contexto, la investigación cualitativa consiste en la construcción o generación de una teoría a partir de una serie de proposiciones extraídas de un cuerpo teórico que servirá de partida al investigador. Para Yin (2003), la cuestión de generalizar a partir del estudio de casos no consiste en una generalización estadística, sino que se trata de una generalización analítica a otros estudios que se presenten en condiciones teóricas similares. Para esto no es necesario extraer una muestra representativa de la población, sino una muestra teórica conformada por uno o más casos. De esta forma, el estudio de caso ofrece mejores resultados en la generación de teorías que los estudios cuantitativos.

Para Yin (2003), la cuestión de generalizar a partir del estudio de casos no consiste en una generalización estadística, sino que se trata de una generalización analítica a otros estudios que se presenten en condiciones teóricas similares. Adicionalmente plantea que el estudio de caso como método de investigación científica se considera apropiado para temas que se consideran prácticamente nuevos, pues en su opinión la investigación empírica tiene como rasgos distintivos que examina un fenómeno en su entorno real, la frontera entre el fenómeno y su contexto no es claramente evidente, se utilizan múltiples fuentes de datos, y puede estudiarse tanto un caso único como múltiples casos. Las fases para un estudio de

caso (Yin, 2003) son: Diseño del estudio, realización del estudio, análisis y conclusiones, como se observa en la Tabla 1.3, donde se muestran sus etapas y fases.

Tabla 1..3 Fases para un estudio de caso (Yin, 2003).

Etapas	Fases
1. Diseño del estudio	1.1 Preguntas de investigación 1.2 Proposiciones teóricas (si las hay) 1.3 Unidades de análisis 1.4 Vinculación lógica entre los datos y las proposiciones 1.5 Criterios para la interpretación de los datos.
2. Realización del estudio	2.1 Recolección de datos
3. Análisis y conclusiones	3.1 Análisis de evidencia.

## 1.8 Estructura de la tesis

En este capítulo hemos presentado la descripción del problema, así como la motivación, objetivos, medio ambiente y diseño de la investigación seguida. El resto de este documento se estructura en los siguientes capítulos como sigue:

- Capítulo 2: Sistemas de información basados en la Web (Web Based Information Systems, WIS).

En este capítulo se describen brevemente las características y clases de WIS. Posteriormente, se analiza en forma general el enfoque de diseño de las prestaciones típicas funcionales de sistemas Web, propuesto en los métodos más representativos del paradigma MDA (Model Driven Architecture), para identificar de esta forma los módulos funcionales generales de un WIS. Por último, mediante una revisión bibliográfica cualitativa se identifican para luego integrar las dimensiones y medidas que caracterizan cada módulo funcional de un WIS propuestas por diversos autores, para a su vez proponer medidas de usabilidad ampliadas y actualizadas.

- Capítulo 3: Modelos y estándares de usabilidad.

En este capítulo se describen las características de usabilidad planteadas en las normas y modelos más relevantes y propuestos para la evaluación de usabilidad.

Esta descripción se realiza enfocando normas y modelos desde los dos paradigmas existentes: orientación al proceso de uso y orientación al producto en uso. Posteriormente, mediante una revisión bibliográfica cualitativa se establecen por cada modelo las características y medidas de usabilidad más relevantes. Por último, se integran las características y medidas halladas en cada enfoque, para proponer dos nuevos modelos de evaluación de usabilidad basados en las características más relevantes y en medidas ampliadas y actualizadas.

- Capítulo 4: Revisión sistemática de literatura sobre UEMs para sistemas Web.

Este capítulo contiene la revisión sistemática de literatura sobre de métodos de evaluación empíricos y de indagación para sistemas Web, abordando la pregunta de investigación; "¿Qué métodos de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación han sido empleados por los investigadores para evaluar la usabilidad de sistemas Web y como se han aplicado estos métodos?".

- Capítulo 5: Modelo de evaluación de usabilidad para WIS.

En este capítulo se plantea el modelo de usabilidad propuesto en la presente investigación que consiste en dos sub-modelos: el primero obtenido desde una integración de dimensiones y medidas de usabilidad obtenidas desde el enfoque de proceso de uso, y el segundo obtenido desde una integración de dimensiones y medidas de usabilidad desde el enfoque de producto en uso con las dimensiones y medidas de calidad obtenidas para los componentes de la arquitectura de un WIS. Estos sub-modelos se plantean según el modelado SEM, asociando a cada variable observada una pregunta de evaluación para ser respondida mediante un cuestionario como instrumento de recolección de datos.

- Capítulo 6: Metodología de evaluación de usabilidad para WIS.

En este capítulo se presenta el desarrollo de las fases abordadas para la obtención de la metodología de evaluación de usabilidad de WIS propuesta en la presente investigación: planteamiento, diseño, implementación y validación.

El planteamiento de la metodología se refiere al establecimiento de los objetivos, elementos de valoración, y fuentes de medidas, contrastados y verificados por las conclusiones del estado del arte. El diseño de la metodología considera a los instrumentos de recolección de datos y reportes asociados, así como a la secuencia de pasos que la conforman. La implementación de la metodología se refiere a su

aplicación sobre una entidad universitaria, para evaluar la usabilidad de su portal Web. La validación de la metodología se relaciona con la comparación de esta con el método de evaluación heurística de Nielsen (2005).

- Capítulo 7. Conclusiones y futuras investigaciones.

En este capítulo se presentan las principales conclusiones de esta tesis. Además se plantean futuras investigaciones, así como las publicaciones que se originaron de este trabajo de investigación.

- Anexo A: Planilla de control de la revisión sistemática de literatura.

Este anexo contiene la planilla de control usada en el estudio de la revisión sistemática de literatura sobre UEMs.

- Anexo B: Tablas de planteamiento de metodología.

Este anexo contiene las tablas asociadas al planteamiento de los sub-modelos de evaluación de usabilidad propuestos en la presente investigación.

- Anexo C. Cuestionarios de metodología de evaluación de usabilidad.

Este anexo contiene los formatos de cuestionarios y reportes diseñados para el procesamiento de información asociada a la evaluación de usabilidad.

- Anexo D. Tablas de procesamiento de información cualitativa y cuantitativa.

Este anexo contiene las tablas correspondientes al procesamiento de información asociada a tareas del test de usuario, comentarios de usabilidad, y formatos usados por el caso de estudio para el registro de información.

- Anexo E. Evaluación del modelo de usabilidad.

Este anexo contiene el proceso de evaluación y ajuste de los sub-modelos de usabilidad a los datos recolectados en la encuesta de percepción de usabilidad a estudiantes de la Universidad Central.

# Sistemas de Información Basados en la Web (Web Based Information Systems, WIS)

Este capítulo presenta mediante una revisión de literatura la definición, categorías, componentes funcionales y prestaciones de un WIS genérico. Posteriormente, desde un enfoque de Ingeniería Web se analizan brevemente las especificaciones de arquitectura planteadas por las metodologías de desarrollo Web más representativas, para identificar los módulos con los cuales resuelven las prestaciones de un WIS que puedan ser percibidas por el usuario final en su interacción y por lo tanto afectar su usabilidad: Contenido, presentación, navegación y adaptación. Luego, mediante una revisión bibliográfica se identifican las medidas más relevantes de las características propias de cada módulo relacionado. Se termina con las conclusiones del capítulo.

### 2.1 Clases de WIS

Un WIS (Isakowitz *et al.*, 1998) es un paradigma de sistemas de comunicación (Pokhrel *et al.*, 2010) que consiste en un sistema de información respaldado por base de datos, realizado y distribuido sobre la Web, para ofrecer procesamiento interactivo de información y servicios a muchos usuarios que acceden en forma concurrente (Levin, 2011) y remota a través de navegadores web (Scheweet *et al.*, 2005; Fiedler *et al.*, 2007). De esta forma, un WIS proporciona información en forma dinámica en múltiples formatos tales como texto e hipermedia, la cual queda disponible a través de páginas web, incluyendo la navegación entre ellas y sitios fuera del sistema.

A su vez, Dennis (1998) plantea que los WIS primero que todo son sistemas de información y en segunda instancia sistemas Web, lo que implica el uso de hipermedia asociada con la capacidad de navegación a través de una red de enlaces escalable. Wang & Head (2001) por su parte plantea que en un WIS se debe considerar una gran variedad de usuarios y tareas a ejecutar en entorno Web. Schwabe *et al.* (1996) y Gómez *et al.* (2003) afirman que un WIS requiere de la implementación de características de personalización para mejorar la usabilidad de este tipo de aplicaciones. Por último, Abrahão *et al.* (2014) plantea que en general los WIS presentan altos niveles de complejidad asociados a su

interface gráfica hipermedia, a su funcionalidad y plataforma de base tecnológica, a los dominios del sistema y externos, así como al modelado de personalización, ubicuidad y adaptación del usuario.

Actualmente, el alcance y la complejidad de los WIS son muy amplios, presentándose aplicaciones desde pequeños servicios de corta duración a aplicaciones corporativas a gran escala distribuidas a través de internet, intranets y extranets (Isakowitz *et al.*, 1998; Worwa *et al.*, 2010). Desde esta perspectiva operativa, los WIS se pueden agrupar en las siguientes categorías (Ginige y Murugesan, 2001; Deshpande *et al.*, 2003; Kappel *et al.*, 2005):

- *Transaccionales.* Se caracterizan por una alta interactividad, donde las bases de datos subyacentes permiten un eficiente y coherente manejo de datos y consultas estructuradas. En esta categoría se encuentran la banca en línea, compras en línea y sistemas de reserva entre otros.
- *Basados en el flujo de trabajo.* Se caracterizan por permitir el manejo de flujos de trabajo dentro o entre diferentes compañías, autoridades públicas y usuarios privados, donde servicios Web apropiados garantizan la interoperabilidad. Presentan como requisito una cierta estructuración de procesos automatizados y operaciones, y como desafíos la complejidad de los servicios, autonomía de las empresas participantes y la necesidad de que los flujos de trabajo sean robustos y flexibles. En esta categoría se encuentran las soluciones Business-to-Business (B2B) en comercio electrónico, aplicaciones de administración electrónica en la administración pública y flujos de trabajo de pacientes en el sector salud.
- *Colaborativos.* Se caracterizan al contrario de los WIS de flujo de trabajo de aplicaciones con fines de cooperación ("groupware") en operaciones estructuradas y donde la necesidad de comunicación es alta. En esta categoría se encuentran los sistemas de soporte compartido de información y espacios de trabajo con el fin de generar, editar y gestionar información compartida tales como los wikis o plataformas de e-learning.
- *Orientados a portales.* Se caracterizan por proporcionar un único punto de acceso para fuentes heterogéneas de información y servicios. En esta categoría de WIS se encuentran los portales comunitarios, mercados en línea, portales empresariales tales como intranets o extranets, y motores de búsqueda (Detlor, 2000; Wang & Head, 2001).

- *Ubicuos*. Se caracterizan por proporcionar servicios personalizados en cualquier momento, lugar y para cualquier dispositivo. Para lograr esta propiedad, se requiere conocimiento del contexto de uso del WIS, para que este realice en forma dinámica los ajustes correspondientes. En esta categoría se encuentran los servicios dependientes de la localización y entregas independientes del dispositivo.
- *Basados en conocimiento*. Se caracterizan por presentar información en la Web para personas y en forma procesable para la máquina, gestionando el conocimiento con tecnologías de la Web semántica. En esta categoría se encuentran los sistemas de vinculación y reutilización de conocimiento, y sistemas de minería Web usados para adquirir datos de negocio de los competidores.

De acuerdo a la clasificación anterior, se observa que los WIS actuales son sistemas plenamente funcionales que proveen comercio electrónico empresa-a-cliente (business-to-customer), empresa-a-empresa (business-to-business) y una gran cantidad de servicios para una gran cantidad de usuarios, lo que implica mucha interacción. Según Worwa, *et al.* (2011) muchos Sistemas de Información tradicionales se están desarrollando y/o se han convertido en WIS interactivos y presentes en numerosos dominios, convirtiéndose en sistemas críticos para las estrategias de negocio de muchas organizaciones, debido a que la Web ha pasado de ser un medio de comunicación a un vehículo de difusión de información.

Como producto software, para garantizar el éxito de WIS no es suficiente con satisfacer sus requisitos funcionales, sino que debe lograrse una eficiente usabilidad como aspecto crítico de aceptación por parte una gran cantidad de diversos tipos de usuarios (Abrahão *et al.*, 2014) que hacen uso de estas aplicaciones en forma concurrente y remota a través de navegadores (Levin, 2011). Por lo tanto, las tecnologías que apoyan la evaluación de usabilidad de este tipo de sistemas se han convertido en un factor importante para determinar y asegurar esta característica.

## 2.2 Componentes funcionales de los WIS

Para desarrollar métodos y procesos de evaluación de usabilidad de WIS, es necesario inicialmente identificar los componentes funcionales general de este tipo de sistemas y cómo organizan en su implementación las prestaciones que los caracterizan: Procesamiento interactivo de información respaldada por bases de datos presentada en forma dinámica a través de páginas Web en formato hipermedia, acceso remoto y concurrente a través de navegadores Web, así como navegación entre páginas y sitios fuera del sistema. Para lograr esta identificación los componentes funcionales de WIS, el enfoque que usa en el presente trabajo, se orienta al análisis de los modelos aplicados por las metodologías de desarrollo

de Ingeniería Web para resolver los requisitos de procesamiento de información relacionados.

En este contexto, el enfoque de la Ingeniería Web Dirigida por Modelos (Model-Driven Web Engineering, MDWE) se centra específicamente, entre otros, sobre la interoperabilidad de las metodologías existentes en la actualidad para el desarrollo de aplicaciones web. Los enfoques existentes en la MDWE tales como el Desarrollo Dirigido por Modelos (Model-Driven Development, MDD) y Arquitectura Dirigida por Modelos (Model Driven Architecture, MDA) están siendo usados para abordar con éxito la construcción, evolución y adaptación de aplicaciones Web (Koch *et al.*, 2008), convirtiéndose en un nuevo paradigma de desarrollo de software (Pons *et al.*, 2010), cuya adopción se ha incrementado en la industria. Estos enfoques ofrecen metodologías y herramientas para el diseño y desarrollo de la mayoría de los tipos de aplicaciones Web, utilizando modelos que con el apoyo de compiladores producen la mayor parte de las páginas Web de una aplicación.

El objetivo específico de MDA es la separación de la lógica del negocio y de la aplicación, de su plataforma tecnológica subyacente, permitiendo que los cambios en la plataforma no afectan a las aplicaciones existentes, y que la lógica de negocio pueda evolucionar independientemente de la tecnología que la implementa (Moreno *et al.*, 2008). La principal ventaja de este enfoque es que se eleva el nivel de abstracción en el desarrollo de software, debido a que en lugar de escribir código específico de la plataforma en algún lenguaje de alto nivel, los desarrolladores de software se centran en el desarrollo de modelos que son específicos para el dominio de aplicación (Moreno *et al.*, 2008). En esta forma MDA es un amplio marco conceptual que describe un enfoque general para el desarrollo de software. Luego, la construcción de una aplicación Web consiste en una secuencia de modelos y transformaciones entre estos. Este enfoque comienza con un modelo independiente de la plataforma (Platform-Independent Model, PIM) que define los aspectos específicos de la aplicación Web a construir, se transforma posteriormente en un modelo específico de la plataforma (Platform-Specific Model, PSM), que luego se transforma a código.

Varios modelos de representación de la arquitectura de una aplicación Web se pueden encontrar en la literatura como métodos de desarrollo, los cuales se clasifican básicamente en dos áreas: propuestas basadas en métodos de diseño hipermedia tales como WebML (Ceri *et al.*, 2002), Hera (Vdovjak *et al.*, 2003) y W2000 (Baresi *et al.*, 2006), basados en el modelo clásico de bases de datos relacionales. A su vez, otro grupo de métodos propuestos surgió como una extensión de las técnicas de desarrollo orientados a objetos convencional, adaptándose a las características particulares de los sistemas Web, tales como OOHDM

(Schwabe *et al.*, 1999), UWE (Hennicker& Koch, 2001), OO-H (Gómez y Cachero, 2003), OOWS (Pastor *et al.*, 2003) y MIDAS (De Castro *et al.*, 2006).

A continuación seleccionamos desde ambos enfoques un subconjunto de modelos ampliamente aceptados por la comunidad de ingeniería Web (Valverde *et al.*, 2007; Koch *et al.*, 2008; Martínez, 2012) y analizaremos una breve descripción de cada propuesta, con el fin de identificar los elementos considerados en la arquitectura de una aplicación Web, relacionados con atributos de información y de interface gráfica que puedan ser percibidos por el usuario y afecten la usabilidad de un producto.

- Método de Diseño Hipermedia Orientado a Objetos (Object-Oriented Hypermedia Design Method, OOHDM). Planteado por Schwabe *et al.* (1996), fue el primer método en introducir el paradigma de modelado orientado a objetos para el desarrollo de aplicaciones hipermedia personalizadas (De Troyer & Leune, 1998; Martínez, 2012), centrándose en los aspectos críticos de estas aplicaciones: “*estructura de navegación e interface*”, por lo cual una aplicación hipermedia es concebida como una vista de navegación sobre un modelo conceptual, enfoque adoptado por UWE (Hennicker& Koch, 2001) y WebML (Ceri *et al.*, 2000). La especificación de una aplicación Web en OOHDM consta de los siguientes modelos:

*Conceptual*, relacionado con un modelo semántico en el dominio de la aplicación, incorporando en nodos las funciones del sistema y perspectivas de información, y en vínculos las relaciones entre elementos del dominio. Se relaciona también con el registro del modelo de usuario para efectos de personalización; *Navegación*, relacionado con objetos de navegación de una aplicación hipermedia, que soportan diversas tareas y representaciones de información que responden a diversos perfiles de usuario. A nivel de esquema, el modelo de navegación se considera como una estructura compuesta de elementos predefinidos tales como nodos, vínculos y elementos de acceso. Los nodos y los vínculos representan el espacio de navegación para los usuarios, y los elementos de acceso tales como índices y visitas guiadas representan formas de acceso a nodos; *Interface*, relacionado con los objetos hipermedia que serán percibidos por el usuario, así como su forma de visualización y sincronización a nivel de navegación en respuesta a eventos externos.

- Método Lenguaje de Modelado Web (Web Modeling Language, WebML). Planteado por Ceri *et al.* (2000), es un lenguaje de especificación de alto nivel para especificar sitios Web de uso intensivo de datos a nivel conceptual. La especificación de una aplicación WebML consta de los siguientes modelos:

*Estructural*, relacionado con el contenido de información del sitio Web. Aunque este método no propone un lenguaje de modelado de datos, es compatible con modelos conceptuales tales como bases de datos relacionales (Chen,1976), el modelo orientado a objetos y UML (Booch *et al.*, 1999); *Hipertexto*, relacionado con la estructura del hipertexto que puede ser publicado y su navegación en el sitio Web. Especifica que páginas componen la estructura de navegación y que unidades de contenido las constituyen, así como su forma de vinculación; *Presentación*, relacionado con la disposición y aspecto gráfico de las páginas Web; *Personalización*, relacionado con el modelado de usuarios y grupos de usuarios en el esquema de este modelo.

- Método de Ingeniería Web Basada en UML (UML-Based Web Engineering, UWE). Planteado por Hennicker & Koch (2001), es un método de diseño orientado a objetos basado en UML (Booch *et al.*, 1999) y adaptado para el dominio Web, que se centra en la estructura del espacio de navegación y aspectos de presentación de la aplicación, los cuales pueden ser personalizados. La especificación de una aplicación UWE consta de los siguientes modelos:
  - *Conceptual*, relacionado con la construcción de un modelo de dominio Web, que incorpora actividades a desarrollar y diversos tipos de usuarios involucrados, haciendo énfasis en la información intercambiada por estos con el sistema;
  - *Contenido*, relacionado con la especificación visual de la información relevante en el dominio del sistema que comprende principalmente el contenido de la aplicación Web, y con la personalización de la aplicación mediante un modelo del usuario;
  - *Navegación*, relacionado con la estructura de los nodos que pueden ser visitados por el usuario a través de vínculos asociados, conformando en esta forma el espacio de navegación que se implementa con elementos de acceso tales como índices, visitas guiadas, consultas y menús como opciones de navegación;
  - *Presentación*, relacionado con la organización estructural de la presentación de información a los usuarios. Se plantea un modelo de presentación estático basada en menú y/o mapa navegación que soporta la visualización del espacio de navegación utilizando como elementos de diseño: formulario de entrada, página de presentación, ficha, botón, texto, imagen, secuencias de vídeo y audio, acción de subir archivo, componente de personalización y deslizador entre otros. Adicionalmente, se plantea un modelo de presentación dinámica de información sobre ventanas donde se especifica cuando estas están abiertas, cerradas y en coexistencia.
- Método Hipermedia Orientado a Objetos (Object-Oriented Hypermedia, OO-H). Planteado por Gómez *et al.* (2003), es un método de diseño parcialmente orientado a

objetos que extiende UML (Booch *et al.*, 1999) con modelos de navegación y presentación para interfaces Web personalizadas. Adicionalmente permite la conexión de una aplicación Web con aplicaciones existentes en diferentes plataformas y con diversas arquitecturas de software. Este método se implementa en la herramienta OO-H Method (Gómez *et al.*, 2003) que genera en forma automática código para aplicaciones Web equivalentes a su especificación conceptual. La especificación de una aplicación OO-H consta de los siguientes modelos:

*Conceptual*, relacionado con la construcción de un modelo de dominio Web, que partiendo de los requisitos funcionales incorpora las actividades a desarrollar y los diversos tipos de usuarios considerados; *Navegación*, relacionado con la estructuración de navegación del sistema mediante un conjunto de diagramas de acceso a navegación, los cuales se componen de menús, subsistemas de navegación y vínculos. Los patrones de navegación permiten que la información sea separada en páginas y elementos por página para una mejor lectura, los filtros restringen el acceso a los usuarios según sus perfiles y los menús agrupan conjuntos de enlaces de navegación; *Presentación*, relacionado con la estructuración de la presentación del sistema mediante páginas y las propiedades visuales de la interface de usuario final. Adicionalmente, se relaciona con la personalización de usuario en diferentes páginas asociada a imágenes, tipografía y paleta de colores entre otros.

- Método de Soluciones Web Orientada a Objetos (Object-Oriented Web Solution, OOWS). Planteado por Pastor *et al.* (2003) es un método que amplía OO-H (Gómez *et al.*, 2003) en nuevos modelos para apoyar características particulares de navegación y presentación de aplicaciones Web. La especificación de una aplicación OOWS consta de los siguientes modelos:

*Usuario*, relacionado con la especificación de los tipos de usuario que interactúan con el sistema, sus interrelaciones, acceso a la información y funcionalidad del sistema; *Navegación*, relacionado con requisitos de navegación mediante la definición de mapas de navegación, que proporcionan una estructura de accesibilidad definiendo todas las rutas de navegación por cada tipo de usuario, describiendo la información disponible y cómo esta puede ser navegada, personalizando de esta forma al sistema en función del usuario; *Presentación*, relacionado con la especificación visual de la presentación, información de paginación, ordenamiento y distribución de la información.

- Hera. Planteado por Franciscar *et al.* (2002), es una metodología de diseño de WIS adaptables, que se centra en procesos de integración de información, recuperación

- de datos y generación de presentaciones de uso intensivo de datos. La especificación de una aplicación Hera consta de los siguientes modelos:

*Conceptual*, relacionado con la vista semántica de la especificación, fuentes de entrada e integración de datos desde fuentes heterogéneas, que son consultadas cada vez que hay una solicitud de datos. Se compone de jerarquías, propiedades y relaciones de conceptos relevantes en el dominio dado; *Aplicación*, relacionado con la funcionalidad lógica de la aplicación, especificando la estructura y navegación entre páginas que agrupan datos, proporcionadas por la presentación hipermedia de información. Para resolver consultas de usuarios individuales se diseñan presentaciones hipermedia derivadas de un modelo de aplicación general; *Presentación*, relacionada con la producción de código apropiado para diversos navegadores, mediante hojas de estilo para diferentes plataformas; *Usuario*, relacionado con las preferencias del usuario y su secuencia de navegación, mediante un perfil de usuario representado mediante un conjunto estático de configuración asociado con sus preferencias visuales entre otros y una sesión de usuario que representa su estado dinámico dentro de una sesión; *Adaptación*, relacionado con el proceso de adaptación en la generación hipermedia dependiente del perfil de usuario asociado con procesos de personalización, así como la generación de hipermedia auto-adaptativa que cambia mientras el usuario se encuentra navegando para ofrecer diferentes páginas o enlaces en función de su conocimiento e intereses.

Como se deriva del análisis de los métodos para el desarrollo de aplicaciones Web relacionados en la sección anterior, el objetivo principal de una aplicación Web es la generación de presentaciones hipermedia de los datos del sistema en un dominio de aplicación específico (Aroyo & Dicheva, 2002; Vdovjak & Houben, 2002). Desde el enfoque MDA se han propuesto diversos modelos para una aplicación Web, los cuales en su conjunto plantean para este tipo de sistemas una estructura en general compuesta por los modelos de contenido, presentación, navegación y personalización (Ver Tabla 2.1). De acuerdo con Dennis (1998) quien plantea que “*los WIS primero que todo son sistemas de información y en segunda instancia sistemas Web*”, observamos que la metodología Hera para desarrollo de WIS prueba esta afirmación, debido a que mantiene para un WIS la estructura de una aplicación Web.

### 2.3 Modelos que componen un WIS

A continuación se describen las características halladas en la literatura sobre cada uno de estos modelos, con el fin de generalizar sus propiedades desde una perspectiva orientada al

usuario, donde la usabilidad se define como un componente de calidad de un producto Web.

Tabla 2.1 Componentes funcionales de WIS desde el enfoque MDA.

Modelo	OOHDM - Schwabe <i>et al.</i> (1996)	WebML - Ceri <i>et al.</i> (2000)	UWE - Hennicker & Koch (2001)	Hera - Franciscar <i>et al.</i> , (2002)	OO-H - Gómez <i>et al.</i> (2003)	OOWS - Pastor <i>et al.</i> (2003)
Presentación	Interface	X	X	X	X	X
Contenido	Conceptual	Estructural	X Conceptual	Conceptual	Navegación	
Navegación	X	Hipertexto	X	Aplicación	X	X
Usuario		Personalización	Conceptual Personalización	X Adaptación	Conceptual	X

**2.3.1 Modelo de contenido y calidad de la información.** La multimedia proporciona medios de comunicación de contenidos de información tales como gráficos, audio y video además de texto. Al incorporar este tipo de recursos a un WIS, la información que este suministra puede ser presentada en forma más aproximada al mundo real, de tal forma que los usuarios finales pueden recibir información por este medio de manera más eficiente y eficaz. Es evidente que la calidad de la información presentada por un WIS, influirá en la toma de decisiones de los usuarios al interactuar con el sistema (Wang & Head, 2001).

En relación con la calidad de la información, Wand & Wang (1996) analizan las dimensiones de calidad de datos de los sistemas de información en relación con las deficiencias percibidas por del usuario. Para este tipo de sistemas, plantean puntos de vista externos e internos. La vista externa se relaciona con dimensiones de uso y efecto del sistema, y la vista interna con el desarrollo y operación de este, necesarios para alcanzar la funcionalidad requerida.

Por su parte, Wang y Strong (1996) definen la calidad de información como “*datos que son aptos para uso por los consumidores de datos*” y proponen desde la perspectiva de usuario el modelo TDQM (Total Data Quality Management) compuesto de cuatro dimensiones de calidad de información: *Intrínseca*, se relaciona con la calidad de los datos en sí mismos; *contextual*, se relaciona con la necesidad de considerar la calidad de datos en el contexto de

una tarea; *representacional*, que incluye aspectos relacionados con el formato de los datos (consistentes y concisos), así como su significado (interpretables y fáciles de entender); y la *accesibilidad*, significa que la información debe ser accesible y segura. En este modelo, la categoría *representacional* se asocia con la presentación y usabilidad de los datos (Kovac & Weickert, 2002; Fisher *et al.*, 2008; Agarwal & Yiliyasi, 2010), por lo cual es la categoría de interés en el presente trabajo, así como la contextual que se relaciona con el contexto de tareas.

Strong *et al.* (1997) definen a la información de alta calidad desde la perspectiva del usuario final como "*datos que son aptos para el uso por consumidores de datos*" y desde un enfoque de bases de datos en sistemas de información (sistemas de manufactura de datos), identifican las categorías y dimensiones de calidad de información: *Intrínseca*, relacionada con los consumidores de datos quienes perciben la calidad de datos; *accesibilidad*, relacionada con el acceso técnico, representación y volúmenes de datos; *contextual*, relacionada con la calidad de datos en el contexto de tareas; y *representacional*, relacionada con la presentación y comprensión de los datos.

Dedeke (2000), partiendo de la premisa de que "*las medidas de calidad de datos no pueden desarrollarse en forma aislada de sus procesos de generación y de sus contextos de utilización*", desarrolla un marco de calidad para sistemas de información. Para logra lo anterior, parte de la identificación de atributos de los componentes principales de los sistemas de información: Datos, GUI, tareas, hard/software, y la relación entre estos elementos. De esta forma, identifica las siguientes características de calidad entre las relaciones que presentamos como parejas: Ergonómica (Hard/software, GUI), representacional (GUI, datos), accesibilidad (Hard/software, datos), transaccional (Hardware/software, tareas) y contextual (tareas, datos).

Basándose en el modelo de Wang y Strong (1996), Khan *et al.* (2002) conservando las características de calidad de información como producto, extienden este concepto a servicio mediante el modelo de calidad de información PSP/IP. En este modelo, en el enfoque de información como servicio se presentan las perspectivas de "*Conformidad a especificaciones*" y "*Expectativas de los consumidores*", en las cuales se plantean dimensiones de confiabilidad y usabilidad de la información respectivamente.

Lee *et al.* (2002) basándose también en el modelo de Wang y Strong (1996) desarrollan la metodología AIMQ para la evaluación de calidad de información, basándose en el modelo PSP/IQ planteando un conjunto de medidas de calidad de información desde los enfoques de consumidores y gestores de información.

A nivel de normas internacionales, ISO/IEC 25000 (Software Quality Requirement Evaluation, SQuaRE) (ISO, 2005) en la división ISO/IEC 2501n – Quality Model Division, la parte 25012 (ISO, 2008) se centra en la calidad de datos. Este modelo define características consideradas desde dos puntos de vista diferentes: inherente y dependiente del sistema. La calidad inherente se refiere al grado en el que las características de calidad tienen el potencial intrínseco para satisfacer necesidades del usuario cuando los datos se utilizan bajo condiciones especificadas. La calidad dependiente del sistema, se refiere al grado en el que la calidad se logra y conserva dentro de un sistema informático, cuando los datos se utilizan en las condiciones especificadas.

Con respecto a la IQ aplicada específicamente a contenidos de WIS (portales Web), Caro *et al.* (2008), desarrollaron una encuesta para clasificar dimensiones de IQ y como resultado presentaron el modelo de evaluación PDQM (Portal Data Quality Model). Basándose en las expectativas de los consumidores y en la funcionalidad que la información ofrecen a los usuarios, plantea a su vez cuatro categorías de calidad de la información en el sentido de Wang y Strong (1996): Intrínseca, contextual, representacional y operacional.

A su vez, Moraga *et al.* (2010) presentan el modelo SPDQM (SQuaRE Portal Data Quality Model), que es una adaptación para portales Web de las características de ISO/IEC 25012, mediante el uso del modelo de calidad de datos PDQM (Caro *et al.*, 2008). Las dimensiones se identifican desde los puntos de vista inherente y dependiente del sistema. La vista inherente, se relaciona con la categoría intrínseca y la vista dependiente del sistema, se divide en tres las categorías: operacional, que enfatiza la importancia de la función del sistema; contextual, que se relaciona con la calidad de datos en el contexto de la tarea; y representacional, asociada a la presentación de datos.

Knight (2011) presenta el modelo de Ciclo de Vida Conceptual Combinado (Combined Conceptual Life Cycle, CCLC) de calidad de información, desarrollado para examinar las percepciones de calidad de información del usuario Web en la recuperación de información. Partiendo de la definición de calidad de información como "información/datos aptos para el uso" y basándose en el modelo de Wang y Strong (1996), plantea en su modelo las siguientes dimensiones: Intrínseca, relacionada con el grado de integridad de la información; representacional, relacionada con la integridad física de la información, interaccional, relacionada con juicios de los usuarios respecto a la calidad de la información obtenida mediante la interacción; y contextual, relacionada con juicios respecto al proceso de búsqueda de información.

Rafique *et al.* (2012), basados en la norma ISO/IEC 25012 (2008) proponen un marco conceptual para especificar requisitos de calidad de información de aplicaciones WebApps,

añadiendo dos características al estándar: Valor añadido y Adecuación representacional. Las características resultantes del modelo propuesto son: Exactitud, accesibilidad y oportunidad de la información, junto con eficiencia, confidencialidad, disponibilidad, portabilidad y recuperabilidad. La característica de Cumplimiento se ha eliminado en forma similar a la norma ISO/IEC 25010 más reciente "*porque el cumplimiento de leyes y reglamentos es parte de los requisitos del sistema en general y no son parte específica de calidad*".

En la Tabla 2.2 se relacionan por autor las medidas de las categorías representacional y contextual de la información, asociadas a su usabilidad y en la Tabla 2.3 se describen las más relevantes. Es de anotar que en la presente investigación se adopta la clasificación de Knight (2011) que une en una sola medida la puntualidad y actualidad de la información. Adicionalmente se toma la característica de comprensible como sinónimo de significativa.

**2.3.2 Modelo de presentación.** Como ya se anotó, el modelo de presentación tiene como objetivo visualizar información multimedia (texto, gráficos, audio y video) en la GUI del WIS teniendo como entrada el modelo de navegación, de tal forma que los usuarios puedan evaluar alternativas de manera apropiada (Wang & Head, 2001). Las características y medidas de usabilidad de la GUI de una aplicación Web serán analizadas en el siguiente capítulo.

**2.3.3 Modelo de navegación.** Para identificar las variables de usabilidad asociadas al modelo de navegación, se aborda en la presente sección el concepto de *navegabilidad Web*, la cual se define como el grado en que un usuario puede seguir la estructura de enlaces de un sitio Web para encontrar información (Zhang *et al.*, 2004; Calero *et al.*, 2005; De Castro *et al.*, 2007; Fernández, 2012; Abrahão *et al.*, 2014) con facilidad, efectividad, eficiencia (Leavitt & Shneiderman, 2006; De Castro *et al.*, 2007; Hussain & Kadhim, 2014) y satisfacción (Castro *et al.*, 2007; Vaucher & Sahraoui, 2010; Fang *et al.*, 2012), con propósitos tales como búsqueda de información o completar transacciones en forma correcta (Nielsen, 2000; Hernández *et al.*, 2009; Al-Kasasbeh *et al.*, 2011).

Esta definición compuesta de navegabilidad deja claro que el concepto se encuentra relacionada con los conceptos más amplios de usabilidad (efectividad, eficiencia y satisfacción de usuario) y con un enfoque que permita a los usuarios localizar la información en un sitio Web (Wojdyski & Kalyanaraman, 2016). Desafortunadamente la mayoría de los estudios asociados a navegabilidad se han centrado en sus características de diseño [de grafos] sin plantear medidas de percepción del usuario, proporcionando visión



Tabla 2.3 Descripción de las medidas más utilizadas en el modelo representacional de calidad de la información.

Medidas	Descripción
Consistencia	Grado en que la información se presenta en un formato ordenado (Pipino <i>et al.</i> , 2002) y es compatible con datos anteriores (Wang & Strong, 1996; Knight & Burn, 2005; Fisher <i>et al.</i> , 2008; Kandari, 2010; Moraga <i>et al.</i> , 2010; Rafique <i>et al.</i> , 2012) o con otra información contenida en el mismo lugar (Knight, 2011).
Concisión	Grado en que la información se representa de forma breve pero completa y fácil de entender (Wang & Strong, 1996; Pipino <i>et al.</i> , 2002; Knight & Burn, 2005; Fisher <i>et al.</i> , 2008; ISO/IEC 25012, 2008 Kandari, 2010; Knight, 2011).
Interpretable	Grado en que los datos pueden ser presentados de una manera comprensible, mediante el uso de definiciones inequívocas y vocabularios representados en el lenguaje apropiado, con símbolos, unidades y definiciones claras (Pipino <i>et al.</i> , 2002; Kandari, 2010) en lugar de jergas y acrónimos (Fisher <i>et al.</i> , 2008). Guía: Evitar jergas. (usability.gov, 2014).
Comprensible (Significativa)	Grado en que los datos son claros, sin ambigüedades, fácilmente comprendidos (Pipino <i>et al.</i> , 2002; Knight & Burn, 2005; ISO/IEC 25012, 2008; Kandari, 2010) y que se expresan junto con los símbolos y unidades apropiadas (Moraga <i>et al.</i> , 2010; Rafique <i>et al.</i> , 2012). Guía: Usar palabras familiares (usability.gov, 2014).
Actualizada	Grado en que la información es suficientemente oportuna y actualizada a la fecha para el desarrollo de tareas (Wang & Wang, 1996; Wang & Strong, 1996; ISO/IEC 25012, 2008; Lee <i>et al.</i> , 2002; Pipino <i>et al.</i> , 2002; Moraga <i>et al.</i> , 2010; Rafique <i>et al.</i> , 2012).

limitada de la navegabilidad de un sitio Web (Fang *et al.*, 2012) por lo cual se carece de un marco unificado en esta área (Wojdyski & Kalyanaraman, 2016).

De acuerdo a análisis anteriores, el modelo de navegación de un WIS tiene como objetivo definir vínculos a contenidos para proporcionar acceso y navegación entre estos a los usuarios. Los vínculos en un modelo de navegación, generan problemas al usuario, dado que este puede fácilmente perderse en una red de éstos debido a la desorientación que generan demasiados saltos mientras se atraviesa una red compleja. A esta situación Botafogo *et al.* (1992) la llama “perdido en el hiperespacio” y Nielsen (1993) a su vez asegura que este es uno de los principales problemas de usabilidad con entornos hipertexto a gran escala como la Web.

Para resolver este problema, un sitio web debe proporcionar recursos y estrategias de navegación diseñados para conseguir un resultado óptimo en la localización de información

y orientación al usuario (Al-Kasasbeh *et al.*, 2011), ayudándole a este según Nielsen (1999) a resolver tres preguntas fundamentales asociadas a la identificación de: lugar actual, lugares visitados y opciones de desplazamiento en el sitio. La solución de estas tres preguntas guían el desarrollo de esta sección y en la Tabla 2.4 se resume cómo los planteamientos teóricos abordados por los autores consultados podrían resolverlas. Como se puede observar, el enfoque de interés sobre navegabilidad en el presente trabajo se enfoca a la identificación de características y medidas relacionadas con el *acceso al contenido* por parte del usuario al navegar por un sitio Web.

En este contexto, Vaucher & Sahraoui (2010) plantean que la navegabilidad de una página Web está relacionada con tres sub-características: *retroalimentación del usuario*, asociada a su habilidad de identificar los vínculos correctos a seguir; *enlaces*, asociado al acceso a mecanismos de navegación disponibles; y el *tamaño de la página descargada*. Plantean adicionalmente que la realimentación del usuario así como los enlaces dependen de otras características secundarias que se descomponen en métricas, tales como: Tamaño de página, proporción de enlaces con títulos, proporción de enlaces con texto, importancia de la página URL, indicación de la ubicación en el sitio web, enlaces visitados que cambian de color, número de enlaces en la página, conexión re retorno a la página principal, y soporte para botón de regreso.

Tabla 2.4 Resumen de enfoques a preguntas de navegación de Nielsen (1990).

Pregunta de navegación. Nielsen, 1999	Vaucher & Sahraoui, 2010	Fang <i>et al.</i> , 2012	Fernández, 2012	Hassan & Kadhim, 2014	Wojdynski & Kalyanaraman, 2016
Lugar actual?	Enlaces		Reconocimiento de clics		Claridad del objetivo
Lugares ya visitados?		Lo directo: decisión para navegar			Claridad de la estructura
Lugares por visitar ?	Retro-alimentación del usuario	Poder: Encontrar con éxito. Eficiencia: medida para encontrar	Capacidad de búsqueda interna, Inter-conectividad, Accesibilidad	Accesibilidad, navegación, vínculos, búsqueda	Lógica de la estructura
Otras	Tamaño de página				

Fang *et al.* (2012) para medir la navegabilidad de un sitio Web, proponen un enfoque basado en minería de datos Web disponibles en las organizaciones. En este enfoque identifican tres métricas basadas en datos: *poder*, que indica la probabilidad de que un usuario puede encontrar exitosamente la información buscada atravesando la estructura de hipervínculos; *eficiencia*, que expresa el medida en que usuario puede encontrar rápidamente la información buscada navegando la estructura de hipervínculos; y *lo directo*, que mide la facilidad con la que un usuario decide a dónde pasar de la página actual a la información de destino. Anotan que estas medidas en su conjunto apuntan a varias dimensiones fundamentales centrados en el usuario para la navegabilidad sitio web: la probabilidad de encontrar con éxito, de manera eficiente, y fácilmente la información buscada.

Desde una perspectiva de MDD Fernández (2012) relaciona navegabilidad de una aplicación Web con la forma de acceso al contenido por parte del usuario y plantea las siguientes características: *Apoyo a la búsqueda interna*, que se refiere a la capacidad de proporcionar una función de búsqueda de contenido con el fin de ofrecer más vías de navegación al usuario; *reconocimiento de clics*, que se refiere a la capacidad de un enlace a ser reconocido como un elemento seleccionable o significativo; *inter-conectividad*, que se refiere al grado de interconexión entre contenidos y características de una aplicación Web; *accesibilidad*, que se refiere a la facilidad de acceso a contenidos y características, así como *enlaces rotos y páginas huérfanas*; y *completes del mapa del sitio*, que se refiere a la proporción del mapa del sitio de acceso a todas las características de la aplicación Web.

Hussain & Kadhim (2014) tomando como referencia el modelo y las guías de usabilidad de Bevan (2005) plantean el modelo de usabilidad de sitios Web (Website Usability Model, WUM) en el cual identifican para navegabilidad criterios de accesibilidad, navegación, vínculos y búsqueda desde la perspectiva de acceso a información, clasificando sus medidas como "*criterios medibles*".

Para Wojdynski & Kalyanaraman (2016) los estudios de navegabilidad en la literatura por lo general se orientan a características específicas de diseño [de grafos] sin plantear medidas de navegabilidad percibida por el usuario, por lo cual se carece de un marco unificado en el área. En su trabajo proponen una explicación multidimensional de navegabilidad basada en la literatura existente identificando de tres dimensiones: *Claridad de objetivo*, relacionada con la correspondencia del enlace con la tarea, y con lo explícito e informativo del texto del enlace de tal forma que permita inferir los contenidos; *claridad de la estructura*, relacionada con la presencia de un mapa de navegación para disminuir desorientación, así como de menús de navegación para la exploración del sitio Web; y *lógica de la estructura*, relacionada con la amplitud de la estructura de navegación para

aumentar el rendimiento durante la tarea de búsqueda. Para concluir esta sección, en la Tabla 2.5 se relacionan las descripciones de las medidas más utilizadas de la dimensión de navegación desde el enfoque de navegabilidad Web.

#### **2.3.4 Modelo de Adaptación.**

Este modelo se analiza desde la perspectiva de Sistemas Hipermedia Adaptativos (Adaptive Hypermedia Systems, AHS) de Brusilovsky (1996). Los AHS ofrecen una alternativa a los tradicionales sistemas Web hipermedia "*talla única para todos*" donde la información se presenta de la misma manera a todos los usuarios, lo cual produce efectos negativos producidos por la incapacidad del sistema de satisfacer necesidades heterogéneas, preferencias y objetivos de audiencia. Se requiere entonces de sistemas AHS adaptables a los objetivos, intereses y conocimiento de los usuarios individuales, que les permita usuario alcanzar sus metas más rápido, reducir el esfuerzo de navegación y aumentar su satisfacción.

Brusilovsky (1996) define los AHS como "*todos los sistemas de hipertexto e hipermedia que reflejan algunas de las características de los usuarios en el modelo de usuario y [donde] aplicamos este modelo para adaptar varios aspectos visibles del sistema al usuario*". De acuerdo con esta definición un sistema hipermedia adaptativo debe cumplir tres requisitos: Ser un sistema de hipertexto o hipermedia, incluir un modelo de usuario y proporcionar un método de adaptación dinámica de hipermedia sobre la base del estado del modelo de usuario.

Dependiendo de la forma de reunir la información necesaria para la adaptación de un sistema y la causa que desencadena la adaptación, podemos en general clasificar los AHS en *adaptables* y *adaptativos* (Kappel *et al.*, 2003; Fraternali, 2000; Deepa *et al.*, 2012). Un sistema hipermedia es *adaptable* cuando la información utilizada para llevar a cabo la adaptación se adquiere de manera explícita del usuario, al permitirle a este configurar el sistema cambiando parámetros (usualmente al inicio de sesión), y de esta forma facilitar la adaptación del sistema a su comportamiento; es *adaptativo* cuando monitorea el comportamiento del usuario y luego se adapta en forma autónoma usando técnicas de inteligencia artificial, que modifican la estructura del contenido de acuerdo a la situación actual del modelo de usuario (Deepa *et al.*, 2012).

En este contexto, la *personalización* resultante puede ser definida como la adaptación del sistema a las preferencias del usuario individual, donde únicamente el contenido relevante para éste es mostrado en la Web, minimizando la ambigüedad y la información no deseada (Deepa *et al.*, 2012).

Tabla 2.5 Descripción de medidas más utilizadas de la dimensión de navegación desde el enfoque de navegabilidad Web.

Sub-característica	Medida	Descripción de medida
Soporte a búsqueda interna	Presencia de búsqueda interna en cada página	Grado en que se proporciona una función de búsqueda de contenido en todas las páginas con el fin de ofrecer más vías de navegación (Farkas & Farkas, 2000; Zhang <i>et al.</i> , 2004; Fernández, 2012; Herring, 2012).
Predictibilidad	Enlaces significativos	Grado en que las etiquetas de enlaces son significativos, comprensibles y fácilmente diferenciables por los usuarios para el desarrollo de sus tareas (Farkas & Farkas, 2000; Montero <i>et al.</i> , 2003; Moberand & Spyridakis, 2007; Yetim, 2009; Aleixo <i>et al.</i> , 2012; Manzoor & Hussain, 2012; Wojdyski & Kalyanaraman, 2016).
Realimentación al usuario	Designar enlaces utilizados	Grado en que se utilizar cambios de color para indicar a los usuarios que enlaces han sido visitados y mejorar así la velocidad en la búsqueda de información (Bevan, 2005; Wilder, 2007; Koukouletsos <i>et al.</i> , 2009; Yetim, 2009; Aleixo <i>et al.</i> , 2012; Herring, 2012; Hussain & Kadhim, 2014).
	Ubicación del usuario	Ubicación del usuario en el <i>en el mapa de navegación</i> del sitio Web para que este comprenda donde se encuentra y pueda pasar a la siguiente actividad (Farkas & Farkas, 2000; Zhang & Von Dran, 2001; Koukouletsos <i>et al.</i> , 2009; Yetim, 2009; Fernández, 2012; Herring, 2012; Hussain & Kadhim, 2014).
Determinación de posibles acciones	Página de inicio muestra las opciones principales	Grado en que la página principal muestra las opciones y enlaces más importantes del sitio para que los usuarios no deban desplazarse hasta segundo o tener nivel para descubrir la amplitud de opciones del sitio Web (Farkas & Farkas, 2000; Bevan, 2005; Aleixo <i>et al.</i> , 2012; Herring, 2012).
	Presencia apropiada de menús de navegación	Grado en que se presenta la ubicación del menú principal de navegación en el panel izquierdo para lograr tiempos de navegación más rápidos (Bernard, 2001; Kalbach & Bosenick, 2006; Michalsky, 2008).
	Acceso a la página principal desde cualquier página	Grado en que se proporciona desde cada página un enlace para volver a la página principal para el usuario desorientado o para iniciar una nueva tarea de búsqueda (Tauscher & Greenberg, 1997; Farkas & Farkas, 2000; Bevan, 2005; Yetim, 2009; Manzoor & Hussain, 2012; Venkatesh <i>et al.</i> , 2014).
Confiabilidad	Enlaces rotos internos y externos	Grado en que se presentan links rotos (Olsina <i>et al.</i> , 2002), tanto internos como externos, que pueden afectar negativamente la credibilidad del WIS (Agarwal <i>et al.</i> , 2010).
	Páginas huérfanas	Grado en que se presentan páginas que no tiene enlace interno al sitio donde se incluyen o que tienen enlaces internos rotos o que a pesar de tener enlaces externos éstos no permitirán navegar dentro de las páginas internas del sitio (Olsina <i>et al.</i> , 2002; Abrahão <i>et al.</i> , 2003).

Brusilovsky (1996; 2001; 2004; 2006) identifica características adaptativas de usuario que son utilizadas por AHS: conocimiento, objetivos, antecedentes, experiencia en el hiperespacio, preferencias, intereses y rasgos individuales. Adicionalmente, propone la adaptación al entorno del usuario para adaptarse a su ubicación y la plataforma. Por otra parte, Kobsa *et al.* (2001) propuso distinguir entre la adaptación a los *datos del usuario*, *datos de uso* y *datos del entorno*. Los datos de usuario forman la base de la adaptación tradicional y son: conocimiento, intereses, preferencias, habilidades y objetivos entre otros; los *datos de uso* comprenden datos sobre la interacción del usuario con el sistema; y los *datos del entorno* comprenden aspectos de entorno del usuario, relacionados con decisiones de adaptación basadas en los datos del entorno que pueden depender de la ubicación del usuario y la plataforma (hardware, software y ancho de banda de red).

*Contenido adaptativo.* Se relaciona con la adaptación del contenido en relación con la información que se presenta al usuario, según sus necesidades particulares. A respecto, la taxonomía de Brusilovsky (1996; 2001; 2004; 2007) relaciona cinco técnicas para adaptar texto en función de los fragmentos que lo componen: insertar y remover, alterar, texto extendido, ordenar y regulación. El método de *insertar y remover fragmentos* consiste en ocultar al usuario partes de información no relevantes para su objetivo, de tal manera que pueda obtener información adicional si lo requiere (Hook *et al.*, 1996); el método de *alterar fragmentos* que se basa en los enlaces entre los conceptos de requisitos previos, se relaciona con la inserción de explicaciones de estos requisitos que no son suficientemente conocidos por el usuario; el método de *texto extendido* que se basa en enlaces de similitud entre los conceptos, se relaciona con la explicación comparativa que subrayan las similitudes y diferencias entre el concepto actual y el relacionado; el método de *ordenar fragmentos* se relaciona con el orden de presentación de fragmentos de información relevantes para el nivel de conocimiento del usuario; y el método de *regulación de fragmentos*, se relaciona con el almacenamiento de algunas partes del contenido por si los usuarios requieren información esencialmente diferente.

Al respecto, Tsandilas (2003) plantea que para la técnica de *ordenar fragmentos* puede confundir al usuario al no entender el significado del ordenamiento y que además altera el flujo de información, mientras que para las *técnicas de ordenar y regular fragmentos* afirma que soportan el concepto de enfoque y contexto de la información. En este sentido, plantea que la adaptación del contenido es un proceso de mover el enfoque dentro de las páginas de hipertexto manteniendo siempre información fuera del enfoque como contexto que siempre sea visible; para lograr esto introducen una técnica semejante a fisheye (ojo de pez) para adaptar el contenido de las páginas Web mediante el ajuste de un nivel de zoom de fragmentos de página.

*Navegación adaptativa.* Se refiere a la alteración de la apariencia de enlaces en cada página navegada, adaptando la presentación de enlaces a los objetivos, conocimiento y preferencias del usuario, utilizando métodos que soportan acceso personalizado a la información, tales como: guía directa, ordenamiento, ocultamiento, anotación, mapa de adaptación y generación de vínculos (Brusilovsky, 1996; 2001; 2004; 2007; Lin, 2004).

La *guía directa* es el método más simple de soporte a la navegación adaptativa, y consiste en la sugerencia del "siguiente mejor" nodo para que el usuario lo visite según los objetivos, conocimiento y otros parámetros representados en el modelo de usuario; el *ordenamiento adaptativo* (Böcker *et al.*, 1990) consiste ordenar los enlaces de una página en su parte superior en un orden particular de acuerdo a criterios de relevancia del usuario registrados en su modelo de usuario, lo cual puede reducir significativamente el tiempo de navegación (Kaplan *et al.*, 1993); el *ocultamiento de enlaces* consiste en restringir al usuario el espacio de navegación ocultando, quitando o desactivando enlaces a páginas irrelevantes; la *anotación de adaptativa* que se relaciona con algún tipo de anotación a los vínculos (usualmente cambio de color) que pueda indicar al usuario el estado actual de los nodos detrás de los enlaces comentados (Deepa *et al.*, 2012); el *mapa de navegación* se relaciona con la orientación local y global del usuario, adaptando la forma de mapas locales y globales con el objetivo de información (rutas similares) de los usuarios; y la *generación de vínculos* se relaciona con el descubrimiento de nuevos enlaces y su adición permanente al conjunto de vínculos existentes (después de analizar patrones de navegación), generación de enlaces basada en similitud de elementos, así como la recomendación dinámica de enlaces útiles al usuario en el contexto actual (Burke, 2007; Khan & air, 2014).

*Presentación Adaptativa.* Se relaciona con la adaptación del contenido hipermedia de una página a los conocimientos actuales, metas y otras características del usuario que la visita, mediante la presentación adaptativa de texto y multimedia (Brusilovsky, 1996; 2001; 2004; 2007), para reducir la sobrecarga de información dentro de las páginas de hipertexto, eliminar el desplazamiento y relajar los problemas de la pérdida en la navegación y sobrecarga cognitiva. En la adaptación del contenido, la técnica más popular es la de ocultar parte de la información no relevante al usuario, para lo cual se requiere de la técnica de *texto extendido* que consiste en texto que se puede contraer o expandir haciendo clic en *hotwords* (palabras calientes) que aparezcan en la presentación.

En la técnica de zoom (Tsandilas, 2003) para adaptar el contenido de las páginas Web, la adaptación de la presentación se logra mediante la modificación del tamaño de fuente del texto, así como el tamaño de otros elementos de la página visible como imágenes, segmentos, párrafos o secciones. El nivel zoom de los elementos de la página en cada segmento debe estar en función de la relevancia del contenido del segmento según los

intereses del usuario, de tal manera que los relevantes aparezcan normales mientras menos relevantes o irrelevantes se reduzcan de tamaño al mínimo. El usuario, sin embargo puede cambiar el enfoque local en una página y el zoom en segmentos minimizados haciendo doble clic sobre ellos. Al respecto se plantean técnicas para presentar de forma adaptativa materiales hipermedia: filtros de texto condicional, texto extendido de adaptación, las variantes basadas en marcos, y la presentación de multimedia adaptativa.

## 2.4 Conclusiones.

Una vez desarrollada la revisión de literatura sobre la definición, prestaciones, categorías, componentes funcionales y sus medidas de WIS, se concluye que:

- Los WIS son una paradigma de sistemas de comunicación que consisten básicamente en un sistema de información respaldado por bases de datos, y en segunda instancia un sistema Web.
- El alcance y complejidad de los WIS van desde servicios de corta duración a aplicaciones corporativas a gran escala y distribuidas a través de internet.
- Las prestaciones más representativas de los WIS de acuerdo a su definición son: sistema de información respaldado por base de datos, realizado y distribuido sobre la Web, que ofrece procesamiento interactivo de información y servicios a muchos usuarios que acceden en forma concurrente y remota a través de navegadores Web, presentando información en forma dinámica en múltiples formatos tales como texto e hipermedia, la cual queda disponible a través de páginas web, incluyendo la navegación entre ellas y sitios fuera del sistema.
- Las metodologías de desarrollo de aplicaciones Web más representativas no abordan una arquitectura general para aplicaciones Web, debido a que se centran en características particulares de desarrollo de este tipo de sistemas. No obstante lo anterior, se ha logrado mediante un análisis conjunto de sus especificaciones, identificar los componentes que implementan las prestaciones de un WIS, así: contenido, presentación, navegación y adaptación. Para lograr la identificación de las especificaciones planteadas por los modelos de desarrollo Web fue necesario realizar una revisión bibliográfica desde el enfoque MDA.
- La identificación de características y medidas del módulo de contenido de un WIS que pueden ser percibidas por el usuario y por tanto afectar su usabilidad, se relacionan en la presente investigación con las características y medidas del modelo

representacional y contextual de calidad de datos e información planteado desde el área de bases de datos, obtenidas mediante una revisión bibliográfica en el área.

- La identificación de características y medidas del módulo de presentación de un WIS que pueden ser percibidas por el usuario y por tanto afectar su usabilidad, se relacionan en la presente investigación con las características y medidas de usabilidad de la GUI del WIS y serán analizadas en el capítulo 3 de la presente investigación.
- La identificación de características y medidas del módulo de navegación un WIS que pueden ser percibidas por el usuario y por tanto afectar su usabilidad, se relacionan en la presente investigación con las características y medidas planteadas desde el enfoque de navegabilidad Web, obtenidas mediante una revisión bibliográfica en el área.
- La identificación de características y medidas del módulo de adaptación contenido de un WIS que pueden ser percibidas por el usuario y por tanto afectar su usabilidad, se relacionan en la presente investigación con las características y medidas de adaptación del modelo propuesto por Brusilovsky (1996; 2001; 2004; 2006), asociadas a presentación, contenido y navegación.

### Modelos y estándares para la evaluación de usabilidad

En este capítulo se presenta mediante una revisión de literatura un análisis de las características, dimensiones y medidas planteadas por los estándares de usabilidad ISO/IEC 9241-11 (1998), ISO/IEC 9126 (2005) e ISO/IEC 25010 SQuaRE (2010), así como de las planteadas por los modelos de usabilidad propuestos por diversos autores en el área. Debido a que los estándares y modelos analizados presenten individualmente deficiencias, se decide integrar sus características, dimensiones y medidas más relevantes, y plantear de esta forma dos nuevos modelos de usabilidad, desde los dos enfoques que clasifican a la literatura relacionada en el área: usabilidad como calidad de uso y usabilidad como componente de calidad del producto. Posteriormente se analiza el enfoque de algunas metodologías de evaluación de usabilidad para aplicaciones Web basadas en estándares, para identificar sus características, ventajas y desventajas. Por último se plantean las conclusiones del capítulo.

#### 3.1 Enfoques en la definición de usabilidad

El término *usabilidad* es un anglicismo que significa “facilidad de uso” y se refiere a la facilidad con que las personas pueden utilizar cualquier objeto con el fin de alcanzar un objetivo concreto, es decir se refiere a la calidad de la interacción entre el usuario y el sistema. Según Bevan (1991), el origen del concepto de usabilidad se remonta a finales de los años 80 para sustituir el término “amigable para el usuario” cuya connotación en ese entonces había adquirido un carácter subjetivo.

Se han propuesto varios modelos y estándares diferentes con el fin de definir, caracterizar y medir la usabilidad, los cuales provienen de los trabajos más relevantes en la literatura, tales como el modelo de calidad de McCall (1977), Boehm (1973) y del estándar ISO/IEC 14598 (1998). Según Bevan (1995), se presentan dos enfoques complementarios en la definición de usabilidad: en el primer enfoque, la usabilidad se presenta *orientada al proceso* de uso y se la interpreta en términos de la *capacidad de utilización* un producto para su uso previsto de tal forma que satisfaga las expectativas del usuario (Fernández, 2012), enfoque que se origina en factores humanos y que es afín con los postulados de la teoría de HCI. En este enfoque la usabilidad es sinónimo de *calidad en uso* (Bevan, 1995; Seffah, 2006) y las dimensiones que identifican a la usabilidad son de alto nivel, objetivas e

independientes, en el sentido de que no pueden ser modificadas por el diseñador en forma consciente y directa (Oztekin *et al.*, 2009).

En el segundo enfoque, la usabilidad se presenta *orientada al producto* y se la considera en términos la *facilidad en uso* de la interface de usuario. La usabilidad así definida es vista como un componente que afecta la calidad del producto (Fernández, 2012), siendo afín con la práctica de la Ingeniería del Software. En este enfoque las dimensiones que identifican a la usabilidad son de bajo nivel, subjetivas y dependientes, en el sentido que se pueden cambiar directamente por el analista o diseñador de la interface de usuario para mejorar la facilidad de uso (Oztekin *et al.*, 2009). A continuación se describen los enfoques anteriormente relacionados.

### 3.2 Modelos y estándares de Usabilidad como calidad en uso

Dentro del contexto de la HCI, la usabilidad es uno de sus conceptos centrales (Chalmers, 2003; Sharp *et al.*, 2007) y en la década de 1990 se plantearon varios trabajos de investigación en su evaluación (Nielsen, 1992). Al respecto, Bevan (1991) plantea su modelo de usabilidad MUSiC (Metrics for Usability Standards in Computing), en el cual define la usabilidad como: *“la facilidad de uso y la aceptabilidad de un sistema o producto para una clase particular de los usuarios que llevan a cabo tareas específicas en un entorno específico”*. Adicionalmente, plantea la distinción entre los atributos del producto y el rendimiento del usuario que conduce a dos enfoques diferentes: la evaluación de los atributos del producto para determinar usabilidad o la evaluación de criterios del usuario para determinar la actitud y desempeño. Según Bevan (1995), los atributos de usabilidad son efectividad, eficiencia y satisfacción, y son el resultado de la interacción entre el usuario y el producto mientras lleva a cabo una tarea en un entorno técnico y organizacional.

Por su parte Nielsen (1993), uno de los autores más referenciados en el área, plantea en forma no descriptiva que la usabilidad es *“un atributo de calidad que mide lo fáciles que son de usar las interfaces de usuario”*. Plantea en la definición de usabilidad, aparte de *“un atributo relacionado con la facilidad de uso”* una orientación hacia la *“aceptación práctica y provechosa del producto”*. Los atributos de usabilidad que plantea son: facilidad de aprendizaje, eficiencia, memorización, errores y satisfacción.

La norma ISO/IEC 9241-11 (1998) desarrollada por expertos en HCI de ISO y basada en los trabajos de Bevan (1995), es la norma adoptada y más aceptada en el enfoque HCI, la cual define usabilidad como *“el grado en el que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y*

*satisfacción en un contexto de uso específico*". De acuerdo a este estándar, la medición de la usabilidad de un sistema se compone de tres atributos de usabilidad: eficacia, eficiencia y satisfacción, y debido a que estos componentes dependen del contexto de uso y los fines para los que se describe la usabilidad, no existe una regla general sobre cómo deben ser elegidos. Las medidas de la usabilidad deben basarse en datos que reflejan los resultados de los usuarios que interactúan con el producto. Es posible recoger datos por medios objetivos, tales como medidas de producción, velocidad de elaboración o de ocurrencia de eventos particulares.

Alternativamente, los datos pueden ser recogidos a partir de respuestas subjetivas de los usuarios que expresan sus percepciones o preferencias. Las medidas objetivas proporcionan indicaciones directas de la eficacia y la eficiencia, mientras que las medidas subjetivas pueden ser vinculados directamente con la satisfacción. Adicionalmente, este estándar plantea que medidas tales como la relacionadas con la satisfacción pueden inferirse a partir de medidas objetivas del comportamiento de los usuarios, y que las estimaciones de la eficacia y la eficiencia también puede derivarse de opiniones subjetivas que los usuarios puedan expresar sobre su trabajo y sus resultados.

Para Seffah (2008) el enfoque adoptado en la norma ISO/IEC 9241-11 (1998) tiene las ventajas de que el modelo identifica aspectos de usabilidad y componentes del contexto de uso que deben tenerse en cuenta durante la especificación, diseño y evaluación de usabilidad, el rendimiento y la satisfacción del usuario proporcionan mediciones directas de la usabilidad en un contexto particular, y las mediciones de desempeño y satisfacción del usuario proporcionan una base para la comparación de usabilidad con otras características de diseño para el mismo contexto. Como desventajas, plantea que se dirige a la facilidad de uso estrictamente desde una perspectiva de proceso como un solo punto de vista, no aborda la característica facilidad de aprendizaje como es recomendado por la mayoría de las normas y los expertos en usabilidad, y no aborda los aspectos de seguridad, que se consideran muy importantes por los expertos de dominio.

Para Orehovacki (2010), este estándar tiene la desventaja de que sus medidas son apenas un pequeño conjunto de atributos para una *"buena evaluación de usabilidad"* y para Seffah (2006) como modelo de calidad es *"demasiado abstracto"* además de que proporciona pocas directrices sobre *"cómo interpretar las puntuaciones de las métricas de usabilidad específicas"*. No obstante lo anterior, para autores como Banna (2009), la definición de usabilidad de ISO/IEC 9241-11 (1998) es la base de la evaluación de usabilidad de los WIS, relacionando la eficacia con la precisión e integridad con que los usuarios *"pueden hacer lo que se desea que hagan en un sitio"*, la eficiencia con la cantidad de esfuerzo para completar con éxito tareas y la satisfacción con la comodidad y la aceptabilidad del sistema

de trabajo. Es de anotar, que el estándar ISO/IEC 9241-10 (1996), no aborda el concepto de aprendizaje en lo que respecta a la “Aptitud para el aprendizaje”.

Quesembery (2001, 2003) por su parte, amplía el alcance de ISO/IEC 9241-11 (1998) a cinco dimensiones de un WIS usable: efectividad, eficiencia, lo atractivo, tolerancia a fallos, y facilidad de aprendizaje, y plantea que estas dimensiones son interdependientes y que deben considerarse juntas: la efectividad y eficacia trabajan en conjunto, lo atractivo de la interfaz ayuda a mejorar la facilidad de aprendizaje y la tolerancia a errores. No obstante, afirma que cuando una dimensión es dominante es fácil ignorar otras.

Abran (2003), al igual que Quesembery (2001, 2003), también propone un modelo de ampliación del estándar ISO/IEC 9241-11 (1998), con el objetivo de “*mejorar los modelos actuales de usabilidad ISO*” añadiendo otros dos atributos: capacidad de aprendizaje, ya adoptada por Nielsen (1993), Shneiderman (2000) y Bevan (1991), y seguridad, como característica de HCI. Estas características fueron complementadas con las mediciones orientadas al producto de ISO/IEC 9126 (2001). Dentro del contexto de ISO/IEC 9241-11 (1998) e ISO/IEC 9126 (2001), se plantean las características: efectividad, eficiencia, satisfacción, seguridad y aprendizaje.

Shneiderman & Plaisant (2005) basándose en Nielsen (1994) e ISO/IEC 9241-11 (1998), plantean dentro de un contexto WIS (versión Web del catálogo de la Biblioteca del Congreso de U.S.) que la “*determinación cuidadosa de la comunidad de usuarios y del conjunto de referencia de tareas*” es la base para el establecimiento de metas y medidas de usabilidad. Partiendo del reconocimiento del acierto de las medidas de ISO/IEC 9241-11 (1998), plantea sus medidas de usabilidad que conducen más directamente a una evaluación práctica, centrada en los objetivos de normalización, integración, coherencia y portabilidad. Las medidas de usabilidad planteadas son: tiempo de aprendizaje, velocidad de rendimiento, tasa de errores de usuario, retención en el tiempo y satisfacción subjetiva.

Seffah *et al.* (2006) presentaron su modelo QUIM (Quality in Use Integrated Map) como un modelo consolidado para la medición de usabilidad WIS, definiendo la *calidad en uso* como la perspectiva del usuario final de la calidad del software. En QUIM se consolidan los modelos de usabilidad MUSiC de Bevan (1991), ISO/IEC 9241 (1998) e ISO/IEC 9126 (2001) planteando la definición de usabilidad en tres niveles: El primero está compuesto de 10 sub-características: eficiencia, efectividad (effectiveness), productividad, satisfacción, aprendizaje, seguridad, veracidad, accesibilidad, universalidad y utilidad. El segundo nivel divide las sub-características en 26 criterios medibles. En el tercer nivel, las sub-características es asociado a 127 métricas, las cuales aplicadas implementan el proceso de

evaluación. El proceso de evaluación se plantea sin definir una guía para establecer los requerimientos, especificación y diseño de la evaluación (Fernandez, 2012).

Preece (2007) define la usabilidad relacionándola con “*productos interactivos fáciles de aprender, efectivos de usar y agradables desde la perspectiva del usuario*” y plantea para ésta las características: efectividad de uso (eficacia), eficiencia de uso, seguridad en uso, utilidad, facilidad de aprendizaje y facilidad de recordación de uso.

Oztekin *et al.* (2009) presentaron su metodología UWIS para la evaluación de usabilidad de WIS basada en el estándar ISO/IEC 9241-11 (1998) y en ServQual (Parasuraman *et al.*, 1988) como herramienta de evaluación de calidad. Las características de usabilidad consideradas fueron: eficiencia, eficacia y satisfacción.

La norma ISO/IEC 25000 (2010) SQuaRE (Systems and software Quality Requirements and Evaluation) se encuentra implementada en una serie de normas dentro de las cuales se encuentran la norma ISO/IEC 25010 (System and software quality) que se centra en el establecimiento de criterios para la especificación, medición y evaluación de productos software y la norma ISO/IEC 25012 (Data Quality Model) que tiene correspondencia con ISO/IEC 9126-1 (2001) y tiene por objetivo definir un modelo general de calidad de datos para sistemas informáticos.

La norma ISO/IEC 25010 (2010) define usabilidad como “*grado en que un producto o sistema puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico*”, definición tomada del estándar ISO/IEC 9241-11 (1998). Uno de los temas más importantes que aborda SQuaRE es la redefinición de la perspectiva de la *calidad en uso*, la cual se define como el “*grado en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con efectividad, eficiencia, libre de riesgo y satisfacción en contextos específicos de uso*”. Las propiedades de la calidad en uso se clasifican en las siguientes sub-características, similares a las definidas en ISO/IEC 9241-11 (1998):

- *Efectividad en uso*: Se define como la precisión e integridad con la que los usuarios a pueden lograr las metas especificadas.
- *Eficiencia en uso*: Se define como recursos gastados en relación con la exactitud e integridad con la que los usuarios a lograr metas. Los recursos pueden incluir el tiempo para completar la tarea (recursos humanos), materiales, o el costo financiero de uso.

- *Satisfacción en uso*: Se define como el grado en que se satisfacen las necesidades del usuario cuando un producto se utiliza en un contexto de uso específico. La satisfacción es la respuesta del usuario a la interacción con el producto, e incluye las actitudes hacia su uso.
- *Libre de riesgo*: Se define como el grado en que un producto mitiga el riesgo potencial para el estado económico, vida humana, salud o medio ambiente.
- *Contexto cubierto*: Se define como el grado en que un producto se puede utilizar con eficacia, eficiencia, sin riesgo y satisfacción tanto en contextos de uso especificadas como en contextos más allá de los inicialmente identificados.

La norma ISO/IEC 25012 (2010) dentro del modelo de calidad de datos que define, plantea a la usabilidad como “*la capacidad de los datos de ser entendidos, gestionados y utilizados para captar la atención del usuario, cuando se usan en condiciones especificadas*” y plantea para esta características externas asociadas a la calidad en uso. Estas características se relacionan con:

- *Efectividad*: Se refiere a la capacidad de datos que permite a los usuarios conseguir objetivos específicos desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo en un contexto de uso específico.
- *Oportunidad*: Se refiere a la medida en que los datos están suficientemente actualizados para una tarea específica.
- *Adecuación*: Se refiere a la medida en que los datos son suficientes para satisfacer las necesidades de los usuarios desde un punto de vista cuantitativo, así como la capacidad de los datos para representar el contexto observado por los usuarios.
- *Satisfacción*: Se refiere a la capacidad de los datos para satisfacer a los usuarios en un contexto de uso específico. Las medidas planteadas son: *Credibilidad*, relacionada con la medida en que los datos satisfacen las necesidades de los usuarios y son considerados como verdaderos y creíbles por ellos; y *accesibilidad*, relacionada con la capacidad de los datos para ser accedidos por personas que con discapacidad.

Dubey *et al.* (2012) plantea un modelo integrado de usabilidad unificando en torno a ISO/IEC 9241-11 (1998) los modelos existentes, y centrándose en los atributos de

efectividad, eficiencia, satisfacción, comprensión y seguridad. Este modelo integra y presenta “*todos los factores*” que se han considerado por diversos investigadores.

Como se puede observar en la tabla 3.1, las dimensiones más relevantes de usabilidad en el enfoque de calidad de uso según la investigación realizada en esta área son en su orden: Eficacia, eficiencia, satisfacción y aprendizaje, de las cuales las tres primeras son planteadas directamente por los estándares ISO/EIC 9241 (2008) e ISO/IEC 25010-12 SQuaRE (2010).

### 3.3 Modelo integrado de Usabilidad como calidad en uso.

En consonancia con las observaciones de (Abran, 2003) y Dubey (2012), se observa hay una serie de modelos en la literatura donde cada autor describe su propio modelo de usabilidad en términos de un conjunto diferente de atributos que son muy breves y vagamente definidos, heterogéneos, usando distintos términos para definir el mismo atributo o usando el mismo término para describir los diferentes conceptos, haciendo difícil su utilización.

Adicionalmente, Seffah (2006) anota que la mayoría de estas diversas definiciones o modelos no incluyen todos los principales aspectos de usabilidad, hay pocas directrices claras sobre cómo las diversas definiciones de los factores de usabilidad, normas y criterios están relacionados, así como la forma de seleccionar o medir aspectos concretos para aplicaciones informáticas específicas. Se hace entonces necesario integrar los diversos puntos de vista de usabilidad que permita definirla de una manera uniforme y genérica.

A continuación y como resultado del estudio realizado se describen las características más utilizadas de estas dimensiones, las cuales se muestran en la Tabla 3.2:

- *Efectividad*: Se refiere a la capacidad del producto para que los usuarios puedan alcanzar sus objetivos específicos (Quesembery, 2001; Abran, 2003) con precisión, corrección, exhaustividad e integridad evitando errores en diversos contextos de uso (ISO/IEC 9241-11, 1998; Seffah *et al.*, 2006; Dubey *et al.*, 2012), así como al porcentaje de tareas llevadas a cabo y relación en caso de fallo de la manipulación.
- *Eficiencia*: Se refiere a la rapidez con que los usuarios pueden completar sus tareas satisfactoriamente (Quesembery, 2001) una vez han aprendido el diseño del sistema (Shackel, 1991; Nielsen 1993; Dubey *et al.*, 2012) y al porcentaje de tareas logrado por unidad de tiempo en un contexto de uso especificado (Bevan, 1991; Seffah *et al.*, 2006). A esta dimensión se la considera también relacionada con el nivel de

Tabla 3.1 Características de usabilidad en el enfoque de calidad en uso.

Características de usabilidad	Nielsen, 1993	Bevan, 1998	ISO/IEC 9241-11 1998	Quesenberry*, 2001	Abran*, 2003	Shneiderman*, 2005	Sefah*, 2006	Preece*, 2007	Oztekin** <i>et al.</i> , 2009	ISO/IEC 25010, 2010	ISO/IEC 25012***, 2010	Dubey* <i>et al.</i> , 2012
Efectividad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Eficiencia	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Ayuda												
Satisfacción	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Aprendizaje	X			X	X	X	X	X				X
Flexibilidad												
Robustez												
Memorización	X					X		X				
Tolerancia a errores	X			X		X						
Atractivo				X								
Seguridad					X		X	X		X	X	X
Rendimiento						X						
Tasa de errores	X					X						
Productividad							X					
Veracidad							X					
Accesibilidad							X					
Universalidad							X					
Utilidad							X	X				
Contexto de uso										X		

\* Definición y modelo de usabilidad propuestos explícitamente para aplicaciones Web

\*\* Modelo de usabilidad propuesto explícitamente para WIS.

\*\*\* Modelo de usabilidad propuesto explícitamente para calidad de datos.

Tabla 3.2 Modelo integrado de medidas de usabilidad como calidad en uso.

Característica de Usabilidad	Sub-característica de usabilidad	Medida	Descripción de medida
<b>Efectividad</b> (Effectiveness)  <i>Precisión e integridad de metas del usuario</i>  <i>Lograr lo que se propone</i>	Ayuda	Necesidad de Ayuda en línea	Grado en que ayuda en línea permite al usuario comprender qué procedimientos tienen que ser seguidos para llevar a cabo sus tareas (Nielsen, 1993; Abrahão <i>et al.</i> , 2005; Seffah, 2006; Martínez, 2012) con el mínimo de interrupciones (Quesembery, 2003).
		Completos de la ayuda en línea	Grado de cubrimiento de problemas de la ayuda en línea, que los usuarios puedan tener durante su interacción (Fernandez <i>et al.</i> , 2009; Martínez, 2012).
	Desempeño en la tarea del usuario	Completos	Porcentaje de tareas completadas satisfactoriamente por los usuarios (Nielsen, 1993; ISO/IEC 9241-11, 1998; Quesembery, 2001; Abran 2003; Hornbæk, 2006; Seffah, 2006; Dubey <i>et al.</i> , 2012).
		Precisión	Porcentaje de usuarios completando sus tareas correctamente (ISO/IEC 9241-11,1998; Hornbæk, 2006; Seffah, 2006; Dubey <i>et al.</i> , 2012).
	Adaptabilidad	Adaptabilidad al usuario y al ambiente	Medida en que el software se adapta a las preferencias del usuario (Dubey <i>et al.</i> , 2012; Martínez, 2012).
			Medida en que el software se adapta a diferentes tipos de entornos (Abrahão <i>et al.</i> , 2005; Dubey <i>et al.</i> , 2012; Martínez, 2012).
<b>Eficiencia</b>  <i>Rapidez y recursos gastados</i>  <i>Lograr el efecto con un mínimo de recursos</i>	Desempeño tarea	Cantidad de tareas completadas por unidad de tiempo	Cantidad de tareas ejecutadas correctamente por unidad de tiempo. (Bevan, 1991; Shackel, 1991; Nielsen, 1993; ISO/IEC 9241-11, 1998; Quesembery, 2001; Abran 2003; Seffah <i>et al.</i> , 2006; Dubey <i>et al.</i> , 2012) con exactitud y exhaustividad (ISO/IEC 9241-11, 1998).
		Carga de trabajo del usuario	Tiempo gastado para terminar una tarea (ISO/IEC 9241-11, 1998; Nielsen, 1993; Abran 2003; Rivadeneira & Bederson, 2003; Hornbæk, 2006; Dubey <i>et al.</i> , 2012).
	Limitaciones de contexto	Carga del sistema	Grado en procesos externos pueden afectar el funcionamiento correcto de la aplicación Web (Martínez, 2012).
		Adaptabilidad al usuario	Grado de adaptación del sistema a limitaciones del usuario (Abrahão <i>et al.</i> , 2005; Seffah, 2006; Dubey <i>et al.</i> , 2012; Martínez, 2012).

Tabla 3.3 Modelo integrado de medidas de usabilidad como calidad en uso (Continuación)

Característica de Usabilidad	Sub-característica de usabilidad	Medida	Descripción de medida
	Operatividad	Esfuerzo mental del usuario	Grado en que el software produce resultados adecuados en retorno por el esfuerzo mental del usuario (Hornbæk, 2006; Seffah, 2006, Dubey <i>et al.</i> , 2012; Martínez, 2012).
<b>Satisfacción</b>	Cognitiva	Utilidad percibida	Grado en que la respuesta de la aplicación Web justifica las necesidades que llevan a usarla (Martínez, 2012).
		Calidad de resultados	Grado en que los resultados obtenidos por los usuarios después de la interacción son deseables (Hornbæk, 2006; Martínez, 2012).
	Confianza	Credibilidad de la información	Grado en que los usuarios perciben la información como verdadera (Hornbæk, 2006; Dubey <i>et al.</i> , 2012).
<b>Aprendizaje</b>	Previsibilidad	Enlaces/controles significativos	Grado de predicción de la siguiente acción de acuerdo al nombre de vínculos y controles (Dix, 1993; Quesembery, 2001, 2003; Abrahão <i>et al.</i> , 2005; Seffah, 2006; Fernandez <i>et al.</i> , 2009; Martínez, 2012)
	Intuitivo	Determinación de acciones relevantes	Grado de facilidad con que un usuario clara y rápidamente reconoce qué acciones son más relevantes (Nielsen, 1993; Quesembery, 2001; Dubey <i>et al.</i> , 2012; Martínez, 2012).
	Auto-descripción	Realimentación inmediata	Grado en que los elementos de interacción proporcionan información sobre su estado (Nielsen, 1993; Abrahão <i>et al.</i> , 2005; Seffah, 2006; Fernandez <i>et al.</i> , 2009; Martínez, 2012).

eficacia alcanzada por el usuario con recursos gastados (esfuerzo mental o físico, tiempo, materiales o costo financiero) para lograr metas con exactitud e integridad (ISO/IEC 9241-11, 1998; ISO/IEC 25010, 2010).

- *Satisfacción de usuario*: Se refiere al grado en que el estilo de la interfaz hace al producto satisfactorio de usar (Nielsen, 1993; Quesembery, 2001; Shneiderman & Plaisant, 2005), de tal manera que los usuarios se sientan cómodos con el producto y acepten la carga de trabajo en la realización de tareas en un contexto específico (ISO/IEC 9241-11, 1998; ISO/IEC 25010, 2010), produciendo un alto porcentaje de comentarios al respecto (Abran, 2003; Seffah *et al.*, 2006).

- *Facilidad de Aprendizaje*: Se refiere al tiempo (Shackel, 1991; Quesembery, 2001; Dubey *et al.*, 2012) y facilidad para aprender nuevas funcionalidades por parte de usuarios típicos, (Nielsen, 1993; ISO/IEC 9241-10, 1996; Abran, 2003; Seffah *et al.*, 2006; Preece, 2007) al usar acciones de un conjunto de tareas (Shneiderman, 2005) y comprender con facilidad los mensajes de error (Nielsen, 1993). Se considera también la simplicidad del software con interfaces cuya terminología no cambia, con elementos y controles localizados en lugares familiares y con funciones de comportamiento similares (Dix, 1993; Nielsen, 1993, 1994; Seffah, 2006; Quesembery, 2001, 2003) que hagan intuitivo su uso (Quesembery, 2001; Dubey *et al.*, 2012).

### 3.4 Modelos y estándares de Usabilidad como componente de calidad del producto.

Como se anotó anteriormente, en este enfoque la usabilidad se la considera en términos la *facilidad de uso* de la interface de usuario, siendo afín con la práctica de la Ingeniería del Software. La usabilidad es vista entonces, la como *una característica específica que afecta a la calidad de un producto software*, y no implica necesariamente un análisis de la interacción del usuario con el sistema, ya que esta se puede ser medida “conforme a especificaciones”. Al respecto citamos modelos de usabilidad dentro de este enfoque.

A nivel de estándares, ISO/IEC 9126 (2001) es el estándar adoptado y más ampliamente usado por la comunidad de SE, define usabilidad se define como “*la capacidad que tiene un producto software para ser entendido, aprendido, operable, atractivo para el usuario y conforme a estándares/guías, cuando es utilizado bajo unas condiciones específicas*”. Según esta definición la usabilidad se divide en las siguientes sub-características: capacidad para ser aprendido, capacidad para ser comprendido, capacidad para ser operado, capacidad de atracción y conformidad a estándares. Para Orehovacki (2010), este estándar tiene sus deficiencias, incluyendo la “*superposición entre algunos atributos, la falta de directrices y procedimientos para la evaluación de la calidad y una definición ambiciosa de ciertos atributos*”.

Este estándar plantea métricas externas (parte ISO/IEC 9126-2, 2003), internas (parte ISO/IEC 9126-3, 2003) y de calidad en uso (parte ISO/IEC 9126-4, 2003) para medir usabilidad. Las *métricas internas* se pueden aplicar a un producto de software no ejecutable durante sus etapas de desarrollo, tales como solicitud de propuestas, definición de requerimientos y especificación de diseño o el código fuente.

Las *métricas externas* se usan para evaluar la calidad de un producto de software mediante la medición del comportamiento del sistema del que forma parte y solo pueden ser

utilizadas durante las etapas de prueba del proceso de ciclo de vida y cualquier etapa operacional. La medición respectiva se realiza al ejecutar el producto de software en el entorno del sistema en el que está destinado a funcionar. La descripción de sub-características y sus métricas asociadas en este estándar se relacionan a continuación:

- *Capacidad para ser comprendido*: Se relaciona con la evaluación de la comprensión de los nuevos usuarios con respecto a la adecuación y la forma en que del software puede ser utilizado para tareas particulares.
- *Capacidad para ser aprendido*: Se relaciona con la evaluación de cuánto tiempo gastan los usuarios en aprender determinadas funciones y la eficacia de los sistemas de ayuda y documentación.
- *Capacidad para ser operado*: Se relaciona con la evaluación de la operación y control del software por parte del usuario. Las métricas de esta sub-característica se pueden clasificar en los principios de diálogo de ISO/EIC 9241-10 y se definen para evaluar: conformidad con respecto a las expectativas del usuario (consistencia operacional en uso), controlabilidad (corrección de errores y corrección de errores en uso), adecuación para la operación de la tarea (disponibilidad de valores por defecto en uso), auto-descripción (comprensibilidad de mensajes en uso y auto-explicación de mensajes de error), tolerancia a errores operacionales sin intervención del usuario (recuperabilidad de error operativo en uso, tiempo entre operaciones de error humano en uso y capacidad de deshacer errores de usuario) y adecuación para la individualización (personalización y accesibilidad física).
- *Capacidad de atracción*: Se relaciona con la evaluación de la apariencia del software, la cual se encuentra influenciada por factores tales como diseño de pantalla y color. Las métricas de esta sub-característica se definen para evaluar: Interacción atractiva y personalización de la apariencia de la interface.
- *Conformidad a estándares*: Se relaciona con la evaluación de la adhesión a normas, convenciones, guías de estilo o reglamentos relacionados con usabilidad. Las métricas de esta sub-característica se definen para evaluar: cumplimiento de usabilidad.

Por último, las *métricas de calidad en uso* miden si un producto cumple con las necesidades de determinados usuarios para conseguir sus objetivos específicos con efectividad, productividad, seguridad y satisfacción en un contexto de uso específico.

Olsina y Rossi (2002) por su parte presentaron el Modelo de Evaluación de Calidad Web (Web Quality Evaluation Model, WebQEM) basado en el modelo de calidad del estándar ISO/IEC 9126-1 (2001), para la evaluación cuantitativa de calidad de procesos para aplicaciones Web. Aunque el método funciona para medir todos los aspectos de sitios y aplicaciones Web, se enfoca en las características del producto que el usuario percibe tales como la navegación, interface y fiabilidad. Para medir la usabilidad, WebQEM plantea las siguientes características de calidad de adaptación para visitantes a un sitio web, como características de usabilidad:

*Comprensibilidad global del sitio:* Se relaciona con el esquema global de la organización (tabla de contenidos y mapa del sitio) e índices globales (sujeto, alfabético, cronológico y geográfico); *Retroalimentación y ayuda:* Se relaciona con la calidad de características de ayuda (ayuda global para visitantes por primera vez y ayuda específica para búsqueda), directorio de direcciones (correo electrónico, fax y teléfonos), retroalimentación de enlaces (novedades) y formularios (características, comentarios, sugerencias y libro de visitas); *Interfaz y estética:* Se relaciona con la cohesión (agrupación de los principales objetos de control), controles principales de búsqueda y navegación (presentación, permanencia y estabilidad), estilo (uniformidad de color global y de enlaces) y preferencia estética; y *Características diversas:* Se relaciona con el soporte a idiomas extranjeros, indicadores de actualización (global, sub-sitio y páginas) e indicador de resolución de pantalla.

Abrahão *et al.* (2005) presentan un modelo de calidad basado en el estándar ISO/IEC 9126-1 (2001) como marco para mejorar la usabilidad final de un sistema software. El modelo consiste en una descomposición de las características de ISO/IEC 9126-1 (2001) en sub-características más detalladas, con el fin de apoyar métodos de inspección para identificar y solucionar problemas de usabilidad. En este modelo se plantean las siguientes características y sub-características de usabilidad:

- La *capacidad para ser comprendido:* Se refiere a los atributos de un producto software que facilitan la comprensión. Se descompone en *legibilidad* interfaz de usuario, que se ve afectada principalmente por la *densidad de información* y la *cohesión de información agrupada*, así como otros atributos tales como la brevedad, auto-descripción de la interface de usuario, *calidad de mensajes* y *navegabilidad*.
- La *capacidad para ser aprendido:* Se refiere a los atributos de un producto software que facilitan el aprendizaje (ISO/IEC 9241-10, 1998). Este sub-característica consiste en *servicios de ayuda* (teclados predefinidos, asistentes, ayuda en línea y documentación), así como la *previsibilidad* que se refiere a la facilidad con la que

un usuario puede determinar el resultado de sus acciones futuras y *retroalimentación informativa* en respuesta a las acciones del usuario.

- La *capacidad para ser operado*: Se refiere a los atributos que facilitan el control y la operación (ISO/IEC 9241-10, 1998). Este sub-característica se refiere a la capacidad del sistema para proporcionar: *validación de datos*, el grado de control del usuario de ejecución del servicio (*controlabilidad*), el grado de adaptabilidad de la interfaz de usuario o un servicio (*adaptabilidad*), la consistencia operacional en la ejecución de servicios y controles (*consistencia*), la prevención y el manejo de errores (*prevención de errores*), el significado de etiquetas (significado etiquetado), la capacidad para *supervisar el estado del sistema*, y *accesibilidad* de usuarios. La accesibilidad es más aplicable a dominios web y se puede medir mediante la comprobación de la proporción de patrones de presentación en formato accesible (*integridad*), así como la proporción de patrones de presentación que están adaptados de conformidad con discapacidades de usuario (*adaptabilidad*), representando más de una manera de representar, exhibir, e ingresar datos.
- La *capacidad de atracción*: Se refiere a los atributos que hacen atractiva la interface de usuario, relacionándose con la uniformidad de color, estilo, fuentes y distribución de elementos de la interface gráfica.
- La *conformidad a estándares*: Se refiere al cumplimiento de estándares tales como ISO/IEC 9126-1 (2001), ISO/IEC 9241-10 (1998) y guía de estilo de Microsoft.

Calero *et al.* (2005) presentan el Modelo de Calidad Web (Web Quality Model, WQM) para aplicaciones Web, el cual adapta el estándar ISO/IEC 9216 (2001) al dominio Web. En relación con la usabilidad, esta es definida como “*un conjunto de atributos que influyen en el esfuerzo necesario para el uso y en la valoración individual de tal uso, por un conjunto de usuarios declarados o implícitos*”, e incluye para esta las siguientes características:

- *Comprensibilidad*: Se relaciona con el esfuerzo de los usuarios para reconocer el concepto lógico y aplicabilidad de los atributos del software.
- *Facilidad de aprendizaje*: Se relaciona con los atributos del software asociados al esfuerzo de los usuarios para aprender la aplicación.
- *Operable*: Se relaciona con los atributos del software asociados al esfuerzo de los usuarios para la operación y control de esta.

- *Explicites*: Se relaciona con atributos del software asociados a su estado, tales como barras de progresión.
- *Atractivo*: Se relaciona con atributos del software asociados con la satisfacción, deseos y preferencias de los usuarios, que operan a través de servicios, comportamiento y presentación.
- *Personalización*: Se relaciona con atributos del software que permiten su personalización por el usuario para reducir el esfuerzo de uso y aumentar la satisfacción.
- *Claridad*: Se relaciona con atributos del software que le confieren la claridad de hacer al usuario consciente de las funciones que puede realizar.
- *Ayuda*: Se relaciona con los atributos del software asociados a la disponibilidad de ayuda al usuario sobre su interacción.
- *Facilidad de uso*: se relaciona con atributos del software asociados la satisfacción del usuario.

La norma ISO/IEC 25010 (2010) SQuaRE (Systems and Software Quality Requirements and Evaluation) se centra en el establecimiento de criterios para la especificación, medición y evaluación de productos software, define usabilidad como “*grado en que un producto o sistema puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico*”, definición tomada del estándar ISO/IEC 9241-11 (1998). Adicionalmente plantea que la “*usabilidad puede ser especificada o medida como una característica de calidad de un producto en términos de sus sub-características o especificada o medida directamente por medidas que son un subconjunto de la calidad en el uso*”. Este modelo plantea como características de usabilidad: reconocimiento apropiado, facilidad de aprendizaje, operatividad, protección contra errores de usuario, estética de la interfaz de usuario y accesibilidad. A continuación se describen estas características:

- *Reconocimiento apropiado*: Se refiere al grado en el que los usuarios pueden reconocer si una aplicación web es apropiada para sus necesidades. Esta característica evolucionó de la característica *comprensibilidad* planteada en la norma ISO/IEC 9126.

- *Facilidad de aprendizaje*: Se refiere al grado en que una aplicación Web puede ser usada por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos de aprendizaje para utilizarla con eficacia, la eficiencia, sin riesgos y con satisfacción, en un contexto de uso específico.
- *Operable*: Se refiere al grado en que una aplicación Web tiene atributos que la hacen fácil de operar y controlar.
- *Protección al usuario de errores*: Se refiere al grado en que una aplicación Web protege a los usuarios de cometer errores.
- *Estética de interface de usuario*: Se refiere al grado en que una interfaz de usuario permite una interacción agradable y satisfactoria para el usuario, al considerar el uso del color y la naturaleza del diseño gráfico. Esta característica se relaciona con la Capacidad de atracción planteada en la norma ISO/IEC 9126-1.
- *Accesibilidad*: Se refiere al grado en que una aplicación Web puede ser utilizada por usuarios con diversas características y capacidades (y discapacidades) para alcanzar un objetivo especificado en un contexto de uso específico.

La norma ISO/IEC 25012 (2010) dentro del modelo de calidad de datos que define, plantea a la usabilidad como “*la capacidad de los datos de ser entendidos, gestionados y utilizados para captar la atención del usuario, cuando se usan en condiciones especificadas*” y plantea para esta características externas asociadas a la calidad en uso.

Martínez (2012) presenta el modelo WUEP (Web Usability Evaluation Process) para inspección de usabilidad, integrando diferentes procesos del desarrollo Web dirigido por modelos y descomponiendo el concepto de usabilidad en sub-características, atributos y métricas genéricas. El modelo de usabilidad presentado se encuentra alineado con la norma ISO/IEC 25000 (SQuare, 2010) y con el modelo propuesto por Abrahão y Insfrán (2006), y las sub-características identificadas se basan en los criterios ergonómicos propuestos por Bastien y Scapin (1993). A continuación se describen las características y sub-características de usabilidad planteadas:

- *Reconocimiento apropiado*: Se refiere al grado en el que los usuarios pueden reconocer si una aplicación web es apropiado para sus necesidades. Esta característica se compone de: legibilidad óptica (de textos e imágenes), legibilidad de información (cohesión, densidad de información y apoyo a la paginación), familiaridad, reducción de la carga de trabajo, guía al usuario y navegabilidad.

- *Facilidad de aprendizaje*: se refiere al grado en que una aplicación web facilitar aprendizaje sobre su empleo. Esta característica se compone de: previsibilidad (predictability), potencialidad (affordance) y utilidad (helpfulness).
- *Operable*: Se refiere al grado en que una aplicación web tiene atributos que la hacen fácil de operar y de controlar. Esta característica se compone de: compatibilidad, gestión de datos, controlable, capacidad de adaptación y consistencia.
- *Protección al usuario de errores*: se refiere al grado en que una aplicación web protege a los usuarios de cometer errores. Esta característica se compone de: prevención y recuperación de errores.
- *Accesibilidad*: se refiere al grado al que una aplicación Web puede ser utilizada por los usuarios con el más amplio rango de características y capacidades. Esta característica se compone de: apoyo de lupa, independencia de dispositivos, soporte de texto alternativo, colores de seguridad y grado de cumplimiento de directrices.
- *Estética de interface de usuario*: se refiere al grado en que una interface de usuario permite una interacción agradable y satisfactoria para el usuario. Esta característica se compone de: uniformidad de color, fuentes y distribución de elementos, personalización de apariencia y grado de interactividad.
- *Cumplimiento*: se refiere a cómo la aplicación web es consistente con reglas, normas, convenciones y pautas de diseño empleados en el dominio Web. Esta característica se compone de: grado de cumplimiento con la norma ISO/IEC 25000 (SQuaRE, 2005) y grado de cumplimiento con el "Research-Based Web Design & Usability Guidelines" (2006), grado de cumplimiento con "Web Style Guide" (2002), grado de cumplimiento con "Microsoft Web Design Guidelines" (2009), grado de cumplimiento con "Sun Guide to Web Style" (2009) y grado de cumplimiento con "IBM Web Design Guidelines" (2009).

Como se puede observar en la tabla 3.3, las dimensiones más relevantes de usabilidad en el enfoque de calidad del producto según la investigación realizada en esta área son: Reconocimiento apropiado, facilidad de aprendizaje, operable y estética de la interface de usuario, características planteadas en forma directa por los estándares ISO/IEC 9126 (2011) e ISO/IEC 25010 SQuaRE (2010). En el presente análisis no se tendrá en cuenta la dimensión facilidad de aprendizaje, debido a que se en la sección 3.2 se planteó como característica de usabilidad en el enfoque de calidad de uso. En la siguiente sección se identifican las medidas más relevantes para estas sub-características.

### **3.5 Modelo integrado de Usabilidad como componente de calidad del producto**

Siguiendo las motivaciones expuestas en la Sección 3.3, a continuación y como resultado del estudio realizado se plantean las características integradas de las dimensiones anteriormente anotadas, las cuales se muestran en la Tabla 3.4:

- *Reconocimiento apropiado*: Se refiere al grado en que los usuarios pueden reconocer si los atributos (Abrahão *et al.*, 2005) de una aplicación Web son apropiados para sus necesidades (ISO/IEC, 25012 SQUARE; Martínez, 2012) respecto a la adecuación y forma en que puede ser utilizada para el desarrollo de tareas particulares (ISO/IEC 9126, 2001). Las medidas más relevantes de esta sub-característica son: Guía al usuario, auto-descripción de la GUI, comprensión de funciones y entradas/salidas, legibilidad de la información. Con respecto a Demostración de accesibilidad y efectividad se relacionan con Guía al usuario (Ver Tabla 3.4).
- *Capacidad para ser operado*: Se refiere a los atributos del software que proporcionan facilidad en su operación y control por parte del usuario (ISO/IEC 9241-10, 1998; ISO/IEC 9126, 2001; ISO/IEC 25010, 2010); aspectos técnicos de las aplicaciones Web (Martínez, 2012; Abrahão *et al.*, 2005, 2014); y esfuerzo del usuario para operar y controlar el sistema (Calero *et al.*, 2005). Las medidas más relevantes de esta sub-característica son: Consistencia de enlaces y controles, tolerancia a errores, personalización y capacidad de adaptación, y validación de datos (Ver Tabla 3.5).
- *Estética de la interface de usuario (Capacidad de atracción)*: Se relaciona con los atributos del software que hacen atractiva a la IU (ISO/IEC 9126-2, 2003; Abrahão *et al.* (2005), proporcionando una interacción agradable y satisfactoria a los usuarios (Calero *et al.*, 2005; Martínez, 2012) al considerar su diseño gráfico (ISO/IEC 25010, 2010). Las medidas más relevantes de esta sub-característica son: Uniformidad de color, estilo, fuentes, distribución, así como personalización de apariencia (Ver Tabla 3.6).
- 

### **3.6 Enfoques de evaluación de usabilidad basados en estándares.**

Aunque el objetivo de esta sección es analizar el enfoque de algunas metodologías de evaluación de usabilidad para aplicaciones Web, es importante mencionar las características de los aportes realizados a desarrollo del concepto mismo de usabilidad,

hecho por autores ampliamente reconocidos en este campo: McCall (1977), Nielsen (1993) y Dromey (1998).

Tabla 3.4 Frecuencia relativa de sub-características de usabilidad en el enfoque de calidad del producto

Sub-características de usabilidad	ISO/IEC 9126 (2001) +	WebQEM de Olsina & Rosi (2002) *	Abrahamo <i>et al.</i> (2005) *	WQM de Calero <i>et al.</i> (2005) *	ISO/IEC 25010 SQUARE (2010) *	WUEP Martínez (2012) **
Capacidad para ser comprendido	X	Comprensibilidad global del sitio	X	Comprensibilidad	Reconocimiento apropiado	Reconocimiento apropiado
Capacidad para ser aprendido	X	Retroalimentación y ayuda	X	Facilidad de aprendizaje	Facilidad de aprendizaje	Facilidad de aprendizaje
Capacidad para ser operado	X		X	Operable	Operable	Operable
Capacidad de atracción	X	Interface y estética	X	Atractivo	Estética interface de usuario	Estética interface de usuario
Conformidad de estándares	X		X			Cumplimiento
Ayuda		Retroalimentación y ayuda		X		
Explicites				X		
Personalización			X	X		X
Claridad				X		
Facilidad de uso				X		
Protección al usuario de errores					X	X
Accesibilidad					X	X

+ Definición y modelo de usabilidad para Ingeniería del software (Sistemas de Información en general)

\* Definición y modelo de usabilidad propuestos para aplicaciones Web

\*\* Modelo de usabilidad propuesto para WIS.

Tabla 3.5 Medidas de sub-característica de Reconocimiento apropiado

Medida	ISO/IEC 9126, 2001	Olsina & Rosi, 2002	Abrahamo <i>et al.</i> , 2005, 2014	Calero <i>et al.</i> , 2005	ISO/IEC 25010, 2010	Martínez, 2012
Completes de la descripción	X		Guía al usuario		X	Guía al usuario
Demostración de accesibilidad	X				X	
Demostración de efectividad	X				X	
Funciones evidentes	X	Esquema global de la organización	Familiaridad	Reconocimiento de aplicación del software	X	Familiaridad
Comprensión de funciones	X		Navegabilidad	Reconocimiento lógico de software	X	Navegabilidad
Comprensión de entradas y salidas	X				X	
Índices globales		X				
legibilidad de IU			Legibilidad óptica y de información			Legibilidad óptica y de información
Brevidad de la información			Reducción carga de trabajo			Reducción carga de trabajo
Calidad de mensajes			X			

Tabla 3.6 Medidas de sub-característica de Capacidad para ser operado.

Medida	ISO/IEC 9126, 2001	Abrahamo <i>et al.</i> , 2005, 2014	Calero <i>et al.</i> , 2005	ISO/IEC 25010, 2010	Martínez, 2012
Consistencia operacional en uso	X	Consistencia de enlaces y controles	X	X	Consistencia enlaces y controles
Controlabilidad	X	Control en ejecución de acciones	X	X	Control ejecución de acciones
Valores por defecto	X	Validación			Validación
Auto-descripción de mensajes	X				
Tolerancia a errores	X	X		X	
Personalización	X	Capacidad de adaptación			Capacidad de adaptación
Compatibilidad		Agentes externos a la aplicación			Agentes externos a la aplicación
Accesibilidad	X	X			
Gestión de datos		Privacidad de datos			Privacidad de datos
Etiquetado significativo		X			
Supervisión de estado del sistema		X			

Tabla 3.7 Medidas de sub-característica de Capacidad de atracción (Estética de la GUI)

Medida	Olsina y Rossi (2002)	Abrahao <i>et al.</i> , 2005, 2014	Calero <i>et al.</i> , 2005	ISO/IEC 25010, 2010	Martínez, 2012
Cohesión	X				
Presentación	X				
Permanencia	X				
Estabilidad	X				
Uniformidad color	X	X		X	X
Preferencia estética	X	Personalización de la apariencia			Personalización de la apariencia
Uniformidad de estilo		X		X	X
Uniformidad de fuentes		X		X	X
Uniformidad de distribución de GUI		Uniformidad de elementos		X	Uniformidad de elementos
Interactividad		Grado de interacción			Grado de interacción

Tabla 3.8 Modelo integrado de usabilidad en el enfoque de calidad del producto

Característica de Usabilidad	Sub-característica de usabilidad	Medida	Descripción de medida
Reconocimiento apropiado	Guía al usuario	Presencia de mensajes	Disponibilidad de mensajes y retro-alimentación informativa en respuesta al usuario.
	Auto-descripción de la GUI	Familiaridad	Facilidad en que el usuario reconoce los componentes de la GUI y ve su interacción como natural (Blackler <i>et. al.</i> , 2005, 2006).
	Legibilidad óptica	Legibilidad de la información	Que tan legibles son los textos en lo que respecta a tamaño de fuente, contraste y color de fondo (Williams, 2000; Becker, 2004).
	Navegabilidad	Facilidad de navegación	Facilidad de acceso a contenido por parte del usuario.
Capacidad para ser operado	Consistencia operacional en uso	Consistencia de enlaces y controles	Comportamiento constante de enlaces y controles realizando acciones correctamente (Hassan & Li, 2007; Fernández, 2012), además que correspondan a las acciones que representan (Ozok & Salvendy, 2000; Rhee & Choe, 2006).
	Controlabilidad	Modificación de datos ingresados	Acciones tales como cancelar y deshacer.
	Compatibilidad	Compatibilidad con software externo	Productos software fuera de la aplicación, tales como navegadores (Brajnik, 2000; Jøsang & Suriadi, 2007).
	Gestión de datos	Validación de datos	Uso de la GUI para detectar los errores de los usuarios y sugerir correcciones (Bailey & Koyani, 2004)
		Privacidad de la información	Control del usuario sobre la adquisición, divulgación y uso personal de la información (Hoofnagle <i>et al.</i> , 2010; Aldhafferri & Sajeev, 2013; Mondal <i>et. al.</i> , 2014).
		Establecimiento de valores por defecto	Visualización en la GUI de valores predeterminados cada vez que una acción por defecto pueda ser definida para acelerar la entrada de datos (Panach <i>et. al.</i> , 2013).
	Adaptación	Personalización	Capacidad de la aplicación web para ser adaptada por el usuario
Estética de la GUI	Uniformidad	Uniformidad del color	Color utilizado en cada elemento de la interfaz de usuario de tal manera que asegure coherencia visual de elementos en las páginas (Ozok & Salvendy, 2000; Ivory <i>et al.</i> , 2001).
		Uniformidad de distribución de GUI	Distribución de elementos en la GUI en forma consistente, para facilitar las tareas de usuario (Badre, 2002; Bernard, 2002).
	Adaptación	Personalización pariencia	Grado de adaptación de la GUI las necesidades de los usuarios (Fraternali, 2000).

Según (Fernández, 2012), los enfoques que proporcionan los fundamentos de la evaluación de usabilidad de los productos software en las normas existentes provienen de: McCall (1977) quien plantea el concepto de usabilidad desde el enfoque de calidad de software, relacionado con cómo los usuarios utilizan un producto con tanto éxito como sea posible; Nielsen (1993) quien plantea adicionalmente a los atributos de calidad del software (facilidad de aprendizaje, eficiencia de uso, fácil de recordación y tratamiento de errores) aspectos de interacción tales como lo agradable de uso, planteando así la evaluación subjetiva del usuario final de un producto software; y Dromey (1998) quien aborda la usabilidad desde un enfoque de uso de las funcionalidades que exhibe el software.

Luego, se puede afirmar que la usabilidad se relaciona en forma directa con la evaluación de la interacción del usuario con la funcionalidad del producto software, y que esta puede ser evaluada en forma objetiva mediante las propiedades de la interacción, o subjetiva mediante la percepción del usuario sobre la calidad de esta interacción funcional.

En relación con lo anterior y como se referencia en el capítulo 2, los WIS son un tipo particular de producto software, con características funcionales específicas que deben considerarse y que influyen en la forma de abordar su evaluación de usabilidad. Como ya se ha relacionado, autores como Fernández (2012) plantean que aunque los estándares de usabilidad son muy útiles identificar los aspectos de usabilidad que pueden ser evaluados y cómo pueden ser evaluados, las recomendaciones son demasiado genéricas. En lo que respecta a las deficiencias de los modelos de evaluación de usabilidad, la presente investigación ha planteado dos nuevos modelos integrando dimensiones y medidas provenientes de la literatura, ampliándolos y adaptándolos.

En relación con el proceso de evaluación de usabilidad, a continuación se revisan algunas metodologías propuestas halladas en la literatura y relacionadas con los estándares de usabilidad estudiados, para considerar sus características en la metodología de evaluación de usabilidad de WIS a proponer en próximos capítulos.

Ivory (2001) presenta una metodología de evaluación empírica automática para interfaces Web, donde las medidas fueron obtenidas de guías de usabilidad de página y de sitio Web. La metodología explora 8 aspectos de una página Web relacionados con medidas de texto, enlaces, gráficas, formato de presentación y página, desempeño, y por último tamaño y consistencia de arquitectura, planteados por el autor. Para estos aspectos se procesan 157 medidas. La metodología se compone de 5 fases: 1) Diseño del estudio, relacionada con la selección de sitios Web y la selección de participantes. Estos últimos pueden ser expertos o no expertos en diseño Web; 2) Prueba de la interface, relacionada con la sesión de prueba y con el análisis de páginas y sitio Web. Es este paso los usuarios participantes califican el

sitio con una escala Likert-5 y explican su calificación mediante comentarios; 3) Descripción del entorno de la prueba; 4) Recolección de datos; 5) Resultados a nivel de página; y 6) Resultados a nivel de sitio Web.

Una de las ventajas de esta metodología es que utiliza para automatizar el proceso una herramienta y las desventajas se relacionan en que se orienta al código fuente de la interface de usuario y que no describe los problemas de usabilidad detectados.

Olsina & Rossi (2002) propusieron la metodología WebQEM (Web Quality Evaluation Model) junto con la herramienta WebQEM\_Tool para evaluar requisitos de calidad de nuevos proyectos de desarrollo Web en fases operativas. WebQEM se basa en las características de calidad definidas en el estándar ISO/IEC 9126-1 (2001) y se centra en las características del producto que sean percibidas por el usuario, tales como la navegación, interface y fiabilidad, en lugar del código. WebQEM se basa en las siguientes: 1) Definición y especificación de requisitos de calidad, basadas en las sub-características y atributos de calidad basadas en el estándar ISO/IEC 9126-1 (2001), así como en las necesidades explícitas del usuario de la aplicación Web. Se consideran las medidas relacionadas con usabilidad, funcionalidad, confiabilidad y eficiencia; 2) Evaluación Primaria (etapas de diseño e implementación), donde se aplican métricas para cuantificar los atributos; 3) Evaluación global (fases de diseño e implementación), donde se seleccionan criterios de agregación y un modelo de puntuación en la fase de diseño; y 4) Conclusión (recomendaciones), que ofrece recomendaciones para mejorar la calidad de la aplicación Web. La herramienta WebQEM\_Tool permite a los evaluadores seleccionar el modelo de agregación o de puntuación. El modelo de agregación es una calificación aditiva de características y sub-características, y el de puntuación permite seleccionar un operador definido para características y sub-características.

Una de las ventajas de esta metodología es que utiliza una herramienta para automatizar el proceso de evaluación y que se centra en varios estándares de usabilidad las características del producto que son percibidas por el usuario. Las desventajas se relacionan en que se basa exclusivamente en el estándar ISO/IEC 9126-1 (2001) y que no evalúa la dimensión de contenido característica de los WIS.

Granollers & Lorés (2004) presentaron la metodología MPIu+a (Modelo de Proceso de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad) para evaluar la usabilidad de sistemas interactivos, con datos obtenidos a partir del esfuerzo del equipo de desarrollo durante la implementación del sistema y siguiendo un modelo de proceso basado en diseño centrado en el usuario. Con ello plantean unir la metodología utilizada con el resultado que de ella se espera conseguir. Para esta metodología se plantean las siguientes fases: 1) Análisis de

Requisitos; 2) Diseño; 3) Implementación; 4) Lanzamiento; 5) Prototipado; y 6) Evaluación. La metodología considera los estándares ISO/IEC 9126 (2001) e ISO/IEC 9241-11 (1998), además de las directrices de accesibilidad propuestos por el World Wide Web Consortium (W3C).

Una de las ventajas de esta metodología su orientación centrada en el usuario y que utiliza varios estándares de usabilidad, así como directrices W3C con orientación hacia WIS, y sus desventajas se relacionan con la incorporación de medidas de esfuerzo del equipo de desarrollo, lo cual hace inaplicable esta metodología cuando se tienen productos terminados y no se tiene datos sobre el equipo de desarrollo.

Anandhan *et al.* (2006) presentan la metodología CARE (Cheap, Accurate, Reliable, Efficient testing) que consiste en una combinación de algunos métodos existentes para evaluar la usabilidad de un producto software. Para esta metodología se plantean las siguientes fases: 1) Definición del problema, relacionada con el objetivo de la prueba; 2) Preparación de la lista de tareas, relacionada con el planteamiento de un conjunto de tareas para ser desarrolladas por los usuarios durante las pruebas de usabilidad; 3) Selección de usuarios de ejemplo, relacionada con la selección de la muestra de usuarios que participarán en el test de usuario; 4) Planificación y conducción de la prueba, relacionada con la programación y desarrollo del test de usuario acompañado por un facilitador y observadores que tienen como objetivo ver y escuchar el comportamiento de los sujetos de prueba para tomar notas sobre la interacción; 5) Recolección de datos, relacionada con la recolección de datos relacionados con el rendimiento, observaciones y sugerencias de los usuarios; y 6) Resultado del análisis, relacionada con la evaluación referente a que tanto los usuarios perciben la aplicación eficiente y fácil de usar, considerando sus observaciones, comentarios y sugerencias como resultados de la prueba. Después de la prueba, los datos de todos los participantes se compila y se enumeran los problemas de usabilidad hallados por los participantes. Sobre la base de la prioridad y la frecuencia, los problemas se clasifican y se plantean soluciones.

Las ventajas de esta metodología se relacionan con su orientación empírica de test de usuario basado en tareas, la estructura de la metodología planteada que combina varios métodos de evaluación de usabilidad y su orientación parcial hacia los WIS. Sus desventajas se relacionan con el marco teórico aplicado que se reduce a Nielsen (2001) y Bevan (2003) cuyo enfoque de usabilidad se enfoca exclusivamente hacia la usabilidad como proceso de uso, dejando de lado el enfoque de usabilidad como producto en uso, característico de los WIS.

Oztekin *et al.* (2009) propusieron una metodología basada en inspección, para la evaluación y el diseño de sistemas de información basados en la Web (UWIS). Esta metodología combina las dimensiones de calidad del servicio y usabilidad para este tipo de sistemas en una lista de chequeo, proporcionando índices de usabilidad mediante un modelo de medida SEM basado en el estándar ISO/IEC 9241-11 (1998), ServQual (Parasuraman *et al.*, 1998), WebQual (Li *et al.*, 2002) y las heurísticas de Nielsen (2005). El primer índice de usabilidad propuesto se basa en las dimensiones de usabilidad de ISO/IEC 9241-11 (1998) las cuales son planteadas como dimensiones de alto nivel en el sentido en que el diseñador no puede cambiarlas consciente y directamente. El segundo índice de usabilidad propuesto se basa en las dimensiones de confiabilidad, integración de comunicación, garantía, sensibilidad y calidad de la información, controlabilidad y navegación. Estas dimensiones son planteadas como de bajo nivel, en el sentido de que pueden ser cambiadas y mejoradas por el diseñador. La metodología planteada en UWIS consiste de: 1) Una lista de chequeo; 2) Un modelo cuantitativo para la evaluación de usabilidad planteado en SEM; 3) Pesos de regresión que le permiten al diseñador de la interface de usuario decidir en qué dimensiones de la lista de chequeo enfocarse; y 4) Resultados del análisis factorial confirmatorio que le indicarán al diseñador de la interface de usuario que dimensiones de la guía de chequeo son más críticas. La principal limitación de la metodología UWIS según los autores, es que no proporciona una solución para la medición de la usabilidad de WIS si las dimensiones de la lista de verificación no están linealmente relacionadas con los índices de usabilidad.

Las ventajas de esta metodología se relacionan con la metodología planteada que combina en su modelo de evaluación de usabilidad al estándar ISO/IEC 9241-11 (1998) y dimensiones de usabilidad planteadas por Nielsen (2005), ServQual (Parasuraman *et al.*, 1998) y WebQual (Li *et al.*, 2002), así como el modelado en SEM. Sus desventajas se relacionan con que la metodología es una sencilla lista de verificación subjetiva de los temas que deben ser tratados en una aplicación Web final (Fernández, 2012) y en su aplicación como un método de inspección.

Yusuf *et al.* (2014) proponen una metodología adaptada de los test de usabilidad que incluye la evaluación de las dimensiones de concepto, consistencia, información, navegación y terminología. Las fases que intervienen en la metodología de este estudio son los siguientes: 1) Fase de estudio preliminar, relacionada con la información acerca de la comprensión del estudio, trata de cinco aspectos: Planteamiento del problema, preguntas de investigación, objetivos, alcance y significado de estudio; 2) Fase pre-test, relacionada con el desarrollo de un plan de pruebas, el reclutamiento de participantes para la prueba y la configuración de la instalación; 3) Fase de test, relacionada con el desarrollo, grabación audio-visual y diligenciamiento de cuestionarios de la prueba; 4) Fase de post-test, relacionada con la recolección de datos demográficos, cualitativos y cuantitativos de la

prueba, así como el desarrollo de entrevistas; y 5) Fase de documentación, relacionada con la documentación de todos los aspectos del estudio para su uso futuro por otros investigadores.

Las ventajas de esta metodología se relacionan con su orientación empírica de test de usuario basado en tareas, la estructura de la metodología planteada que se orienta hacia los WIS. Sus desventajas se relacionan con el marco teórico aplicado que se limita a Nielsen (2001), Shackel (1991) y Bevan (2003), cuyo enfoque de usabilidad se enfoca exclusivamente hacia la usabilidad como proceso de uso, dejando de lado el enfoque de usabilidad como producto en uso, característico de los WIS.

Basher *et al.* (2014) proponen una metodología para evaluar la satisfacción del usuario. Las fases que componen esta metodología son: 1) Fase de recolección de datos, relacionada con la selección del sitio Web a ser objeto del aprueba de usabilidad, identificación del perfil de la página Web, entrevistas a los grupos de usuarios; 2) Fase de diseño del plan de pruebas, que incluye identificación d perfiles de usuario y preparación de documentos de prueba. actividades antes y después de la prueba y métricas a utilizar; 3) Fase de conducción del test, relacionada con la selección de los usuarios, realización de la prueba, evaluación post-test y entrevistas; 4) Fase de Análisis de hallazgos/Resultados, relacionada con el análisis de los datos recopilados, identificación de problemas, tendencias y comentarios. Se plantean métricas como tasa de finalización, tiempo de tarea y evaluaciones subjetivas sobre las escalas de evaluación; 5) Fase de presentación de resultados, donde se presentan los datos cuantitativos y cualitativos encontrados.

Las ventajas de esta metodología se relacionan con su orientación empírica de test de usuario basado en tareas, la estructura de la metodología planteada y su orientación parcial hacia los WIS. Sus desventajas se relacionan con el marco teórico aplicado que se limita a Nielsen (1993) y Bevan (2003) cuyo enfoque de usabilidad se enfoca exclusivamente hacia la usabilidad como proceso de uso, dejando de lado el enfoque de usabilidad como producto en uso, característico de los WIS.

### **3.7 Conclusiones**

Una vez desarrollada la revisión de literatura planteada como objetivo del presente capítulo, con el fin de identificar las medidas abordadas en los modelos propuestos por los investigadores para definir, caracterizar y evaluar la usabilidad, se concluye que:

- En la evaluación de usabilidad se consideran dos enfoques: (1) Obtención de medidas objetivas (métricas) de los atributos del producto, de las cuales se pueden

inferir medidas subjetivas; y (2) Obtención de medidas subjetivas derivadas de las opiniones de los usuarios sobre el desarrollo de tareas, rendimiento y resultados.

- Los estándares ISO/IEC 9241-11 (1998), ISO/IEC 9126 (2005) e ISO/IEC 25010 SQuaRE (2010) presentan serias deficiencias en la forma en que abordan las dimensiones y medidas de usabilidad debido a que son demasiado abstractas, incompletas y proporcionan pocas directrices sobre su interpretación, lo que los hace poco aplicables a procesos de evaluación de usabilidad.
- En la literatura se hallan reportados una serie de modelos alternativos y complementarios a los estándares ISO/IEC desarrollados para evaluaciones específicas, donde la usabilidad se encuentra descrita en términos de conjuntos de atributos diferentes, heterogéneos y ambiguos. Luego, no hay un modelo de usabilidad completo y dominante que sea generalmente aceptado en la literatura.
- Una alternativa de solución a la anterior problemática, es integrar las dimensiones y medidas consideradas en los diversos modelos reportados la literatura, para plantear un nuevo modelo de usabilidad actualizado. Para lograr esto, una estrategia a seguir consiste en efectuar una revisión bibliográfica para identificar las dimensiones más relevantes de usabilidad reportadas en la literatura del área. Una vez identificadas estas dimensiones, de nuevo mediante una revisión bibliográfica identificar las medidas de usabilidad más relevantes que las caracterizan.
- Aplicando la estrategia anteriormente descrita se ha logrado plantear un nuevo modelo de usabilidad en la presente investigación, uno por cada uno de los enfoques que la definen a saber: Usabilidad como calidad de uso y usabilidad como componente de calidad del producto.
- Los modelos de evaluación de usabilidad planteados en cada uno de los enfoques abordados, integran las dimensiones y medidas de usabilidad más recientes y relevantes en la literatura, por lo tanto son una versión ampliada y mejorada de los modelos analizados en el área.
- Las metodologías de evaluación de usabilidad analizadas desde 2001 a 2014, muestran una evolución desde el enfoque de evaluación de código fuente de interfaces de usuario a un enfoque de evaluación basado en la percepción del usuario cuando desarrolla tareas en el WIS a evaluar.

- Las metodologías de evaluación analizadas dentro del un enfoque de evaluación empírico de test de usuario basado en tareas, muestran como principal ventaja que se continúan planteando desde una perspectiva centrada en el usuario. Como desventaja principal se observa que no abordan modelos de evaluación de usabilidad que consideran un enfoque orientado al producto, por lo cual no evalúan la usabilidad desde una perspectiva integrada (armonizada) como se ha planteado desde el estándar ISO/IEC 25000 SQuaRE (2010).

# Revisión de literatura sobre UEMs para aplicaciones Web

En el presente capítulo se desarrolla una revisión sistemática de literatura que sintetizar la información existente sobre UEMs empíricos y de indagación abordando la pregunta de investigación: "*¿Qué métodos de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación han sido empleados por los investigadores para evaluar la usabilidad Web y cómo se han utilizado estos métodos?*".

El objetivo del estudio es analizar en profundidad un subconjunto de estudios primarios seleccionados por el método de revisión sistemática de literatura, con el fin de extraer evidencias empíricas respecto a la utilización en la práctica de UEMs empíricos y de indagación, técnicas asociadas, información que proveen al evaluador, y autores sobre usabilidad referenciados.

### **4.1. Necesidad de una revisión sistemática de literatura**

El análisis de trabajos reportados demuestra que hay necesidad de una mayor identificación sistemática de métodos y técnicas de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación aplicados para evaluar usabilidad de WIS, dado que se presenta confusión en el área dado que se encuentran autores que confunden los a los UEMs con sus técnicas asociadas. Adicionalmente se evidencia falta de investigación en la medición de efectividad y eficiencia de los diversos UEMs empíricos y de indagación, aplicados en forma individual y agrupados.

### **4.2 Método de investigación.**

El método de investigación se desarrolló siguiendo las directrices proporcionadas por Kitchenham (2007), para lo cual se realizaron tres etapas para las fases de: planificación, realización y presentación de informe de la investigación.

**4.2.1 Fase de planeación de la revisión.** En esta etapa, se realizaron las siguientes actividades con el fin de establecer un protocolo de revisión: establecimiento de la pregunta de investigación, definición de estrategia de búsqueda, selección de estudios primarios, medición de calidad, definición de estrategia de extracción de datos y síntesis. A continuación se describen estas actividades.

**4.2.1.1 Especificación de las preguntas de investigación.** El objetivo de nuestro estudio es analizar el uso actual de los UEMs empíricos y de indagación desde el punto de vista de la siguiente pregunta de investigación: "*¿Qué métodos de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación han sido empleados por los investigadores para evaluar la usabilidad Web y cómo se han utilizado estos métodos?*", lo cual nos permitirá clasificar y resumir el conocimiento actual de esta área.

No obstante, esta pregunta es demasiado amplia, por lo cual se descompone en sub-preguntas más detalladas que aborden los objetivos específicos de investigación del presente trabajo:

- El primer objetivo específico se encuentra planteado con respecto a los UEMs empíricos y de indagación, en tres partes: (1) Catalogarlos, (2) Determinar sus características principales, (3) Determinar sus interrelaciones para determinar su causalidad. Para abordar los componentes de este objetivo planteamos las siguientes preguntas de investigación:

P1: ¿Cuáles son los tipos de UEMs empíricos y de indagación reportados en la literatura de evaluación de usabilidad y cuáles son sus características principales?

P2: Cuales son las técnicas más utilizadas por los UEMs empíricos y de indagación?

P3: ¿Cuáles son las interrelaciones de los UEMs empíricos y de indagación y cuál es su causalidad?

- El segundo objetivo específico se encuentra planteado como un análisis a profundidad la aplicación reportada de los UEMs empíricos y de indagación, para determinar: (1) Cuáles han sido los más utilizados, (2) En que fases de desarrollo se han utilizado, (3) Que información proveen al evaluador, (4) Cuales han sido más eficientes y en qué circunstancias. Para abordar las partes de este objetivo se plantean las siguientes preguntas de investigación:

P4: ¿Cuáles han sido los UEMs empíricos y de indagación más utilizados?

P5: ¿En qué fases de desarrollo se han utilizado los UEMs empíricos y de indagación?

P6: ¿Que información proveen al evaluador los UEMs empíricos y de indagación?

P7: ¿Cuales UEMs empíricos y de indagación han sido más eficientes y en qué circunstancias?

- El tercer objetivo específico se relaciona con las definiciones más recientes de usabilidad relacionadas con calidad de uso, por lo cual se plantea la siguiente pregunta de investigación:

P8. ¿Cuál es el marco teórico de usabilidad utilizado en la aplicación de UEMs empíricos y de indagación?

- El objetivo general de la presente investigación se relaciona con la evaluación de usabilidad para WIS en producción de entidades universitarias. Por lo tanto se plantea la siguiente pregunta que permite determinar si los UEMs aplicados a WIS de entidades universitarias se diferencian en alguna forma a los aplicados a otros tipos de WIS. Luego, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

P9: ¿Existen en la aplicación de los UEMs empíricos y de indagación, diferencias en las dimensiones de usabilidad evaluadas en WIS universitarios y otros tipos de WIS?

**4.2.1.2 Estrategia de búsqueda.** Para desarrollar la búsqueda se utilizó la ecuación de búsqueda en Scopus y Google Scholar que se relaciona en la tabla 4.1.

**4.2.1.3 Selección de estudios primarios.** Para la selección de estudios primarios, se consideraron como indispensables los siguientes requisitos: Que presenten la definición de UEMs empíricos y/o de indagación aplicados al dominio Web; y que reporten evaluaciones de usabilidad utilizando UEMs empíricos y/o de indagación aplicados al dominio Web.

**4.2.1.4 Estrategia de extracción de datos.** Con respecto a la extracción de datos, la estrategia utilizada se basa en buscar en cada trabajo por extraer, un conjunto de posibles respuestas a cada sub-pregunta de investigación planteada, lo cual aseguró la aplicación de

los mismos criterios de datos para cada trabajo seleccionado facilitando de esta manera su análisis y clasificación.

**4.2.1.5 Síntesis.** En la síntesis de datos se debe reportar: El conteo de los estudios primarios clasificados en cada respuesta de las sub-preguntas de investigación y la inclusión de varios estudios representativos relacionados con cada sub-pregunta de investigación. En los resultados de la revisión se reporta el análisis de los resultados de cada sub-pregunta de investigación.

Tabla 4.1 Ecuación de búsqueda.

Concepto	Términos
Web	(web OR website OR internet OR www) OR wis OR “web based information systems” OR wbis) AND
Usabilidad	(usability OR usable) AND
Evaluación	(evalu* OR assess* OR measur* OR experiment* OR stud* OR test* OR method* OR techni* OR approach*) AND
Tipo de UEM	(test* OR inquiry)

### 4.3 Resultados de la SRL

Los resultados que se muestran en la tabla 4.2 se basan en un conteo realizado sobre 68 artículos seleccionados y estudiados, y de las respuestas a cada sub-pregunta de investigación relacionada con los UEMs. En la Tabla A.1 se relaciona el registro por cada artículo de las respuestas halladas a cada una de las sub-preguntas relacionadas en la presente revisión de literatura, y es la base para el procesamiento de los datos en la presente sección. Posteriormente se presenta un análisis de los resultados de cada sub-pregunta de investigación según el análisis efectuado.

Tabla 4.2 Resultados de la SRL sobre UEMs empíricos y/o de indagación más utilizados para la evaluación de WIS.

Sub-pregunta de investigación	Respuestas halladas	Nro. estudios relacionados	UEMs en estudios	Porcentaje hallado
P1: ¿Cuáles son los tipos de UEMs empíricos, de indagación y cuáles son sus características principales?	UEMs empíricos	65	47	43.92%
	Observacional		20	42.55%
	Evaluación de desempeño		20	42.55%
	Experimental		7	14.9%
	UEMs de indagación	65	60	56.08%
	Individual		56	93.34%
	Participativa		3	5%
Por grupos		1	1.66%	
Contextual		--	--	--
P2: ¿Cuales son las técnicas más utilizadas por los UEMs empíricos y de indagación?	UEMs empíricos		48	39.66%
	Pensar en voz alta		25	52%
	Test de usuario		20	41.66%
	Registro de acciones del usuario		2	4.16%
	Co-descubrimiento		1	2.10%
	UEMs de indagación		73	60.34%
	Cuestionario		35	48%
	Encuesta		23	31.5%
	Entrevista		11	15.2%
	Grupo focal		2	2.65%
Otros		2	2.65%	
P3. ¿Qué relación existe entre el uso de los diferentes tipos de UEMs empíricos y de indagación y cuál es su causalidad?	Pensar en voz alta - Cuestionario	16		24.61%
	Test de usuario - Cuestionario	16		24.61%
	Otros y sin combinar	33		50.78%
P4: ¿Cuáles han sido los UEMs empíricos y de indagación más utilizados?	UEMs empíricos	47		
	Observacional		20	42.55%
	UEMs de indagación	60		
	Indagación individual		56	93.34%
P5. ¿En qué fases de desarrollo se han utilizado los UEMs empíricos y de indagación?	Fase de operación	65		100%

Tabla 4.3 Resultados de la SRL sobre UEMs empíricos y/o de indagación más utilizados para la evaluación de WIS (Continuación)

Sub-pregunta de investigación	Respuestas halladas	Nro. estudios relacionados	UEMs en estudios	Porcentaje hallado
P6. ¿Qué información proveen al evaluador los UEMs empíricos y de indagación?	Problemas de usabilidad	56		82.4%
	Preferencias y desempeño del usuario	7		10.3%
	Pruebas de hipótesis, validación y comparación de modelos de usabilidad	5		7.3%
P7. Cuales UEMs empíricos y de indagación han sido más eficientes y en qué circunstancias?	Falta investigación reportada al respecto para resolver esta pregunta.			
P8. ¿Cuál es el marco teórico de usabilidad utilizado en la aplicación de UEMs empíricos y de indagación? <sup>(2)</sup>	Nielsen (1993, 1994, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2008, 2009, 2012)	45		43.67%
	ISO/IEC 9241-11 (1992, 1998)	17		16.5%
	Preece (1994, 2001, 2002)	5		4.9%
	Bevan (1994, 2001)	4		3.88%
	Shackel (1991)	3		2.91%
	ISO/IEC 9126	3		2.91%
	Otros varios <sup>(3)</sup>	22		21.35%
	No presenta	4		3.88%
P9: ¿Existen en la aplicación de los UEMs empíricos y de indagación, diferencias en las dimensiones de usabilidad evaluadas en WIS universitarios y otros tipos de WIS?	No existen diferencias.			

<sup>(1)</sup> Varios tipos de UEMs han sido usados en más de un estudio.

<sup>(2)</sup> Varios autores han sido usados en más de un estudio.

<sup>(3)</sup> Artículos con un solo autor en el marco teórico que no corresponde a ninguno de los anteriores.

**4.3.1 Tipos de UEMs empíricos y de indagación y sus principales características.** El estudio realizado permite afirmar que no se presenta una clasificación de UEMs generalmente aceptada y que las propuestas que se presentan dependen del criterio particular de cada autor. No obstante lo anterior, se observa coincidencia en algunas categorías y solapamiento entre otras (Obeso, 2005). Al respecto, Nielsen & Molich (1990) identifican el UEM empírico pero no el de indagación. Preece (1993) identifica el UEM observacional y no lo clasifica como empírico, y el UEM de indagación lo denomina como de investigación. Hix & Hartson (1993) identifican el UEM empírico pero no el de indagación. Ivory (2001) por su parte identifica al UEM empírico como de pruebas y en forma explícita al UEM de indagación. Adicionalmente plantea que estos tipos de UEM que pueden ser de captura automática de datos, en particular son apropiados para el desarrollo de procesos de evaluación formativa y sumativa de usabilidad, debido a que permiten identificar problemas específicos y obtener evaluaciones generales respectivamente.

Con respecto a las características propias de cada tipo de UEM, según diversos autores (Nielsen, 1992; Hix & Hartson, 1993; Preece, 1993; Ivory, 2001; Obeso, 2005; Baecker *et al.*, 1995, 2014) los UEMs *empíricos* también conocidos como *pruebas de usabilidad* son un tipo de evaluación que se caracteriza por pedir al un usuario o grupo de usuarios desarrollar y evaluar tareas en una aplicación Web en funcionamiento, con el objetivo de observar y recolectar la información asociada a esta evaluación. Obeso (2005) basándose en la literatura, presenta una clasificación de este tipo de UEM en:

- *Experimental*, que consiste en el planteamiento de experimentos de manipulación de factores asociados a la GUI (Preece, 1993; Baecker *et al.*, 1995, 2014) para probar hipótesis relacionadas con la percepción, preferencias y desempeño de usuarios reales interactuando con aspectos específicos del software a evaluar (Nielsen & Molich, 1990), permitiendo así obtención de información cualitativa y cuantitativa de evaluación de usabilidad. Como instrumento de registro de información se considera el cuestionario.
- *Observacional*, que consiste en la observación sin interferencia a los usuarios mientras desarrollan tareas en el software, para evaluar en forma cuantitativa su conducta, desempeño e interacción. El observador toma notas y en ocasiones puede hacer preguntas para llegar a conclusiones (Preece, 1993; Ivory, 2001; Baecker *et al.*, 1995, 2014). En este tipo de UEM se permite el registro de información cualitativa y cuantitativa, y se consideran las técnicas *pensar en voz alta* y *construcción interactiva*, y como instrumentos de registro de información se consideran las listas de control, equipo audio-visual y software de captura de video.

- *De evaluación de desempeño*, que consiste en la obtención de datos cuantitativos del observador, sobre medidas de desempeño y satisfacción de un usuario real en un laboratorio de ambiente controlado, mientras desarrolla tareas representativas sobre el software a evaluar. El observador en este tipo de UEM no puede interactuar con el usuario (Hix & Hartson, 1993). En este UEM pueden usarse técnicas de indagación tales como entrevistas post-test y/o cuestionarios, de tal forma que puedan obtenerse datos cuantitativos y cualitativos.

Los UEMs de indagación, se caracterizan porque los usuarios proveen retroalimentación que permite obtener una aproximación sobre su percepción con respecto al producto software a evaluar (Preece, 1993; Ivory, 2001; Baecker *et al.*, 1995, 2014) y porque provienen de técnicas de recolección de información. Obeso (2005) basándose en la literatura presenta una clasificación clasifica este tipo de UEMs en:

- *Indagación contextual*, que consiste en entrevistar a los usuarios en su propio lugar de trabajo cuando ejecutan tareas reales, lo cual permite obtener información cualitativa y cuantitativa relacionada con el trabajo del usuario y su terminología, es decir del contexto de uso del software (Ivory, 2001; Bergvall-Kareborn *et al.*, 2015; Berndt *et al.*, 2015; Ghasemifard *et al.*, 2015; Valkanova *et al.*, 2016). En este tipo de UEM se distinguen dos variantes: *Aproximación contextual*, que consiste en un método estructurado de entrevista de campo; y *aproximación etnográfica*, que consiste en la observación del usuario en su interacción con el software en su entorno habitual. Los instrumentos utilizados para el registro de información son equipo de video, anotaciones, encuestas, cuestionarios.
- *Indagación por grupos*, que consiste en sesiones moderadas de usuarios en grupo donde se debaten temas de usabilidad de un producto software, evaluando en forma cualitativa la satisfacción de los usuarios (Nielsen, 1993; Ivory, 2001; De Araujo *et al.*, 2002; Noor & Nordin, 2012; Salvador *et al.*, 2014). El instrumento utilizado para el registro de información es la guía de discusión y cuestionario.
- *Indagación individual*, que consiste en el planteamiento de preguntas a usuarios reales individuales sobre características de la usabilidad del software a evaluar, lo cual permite obtener información cualitativa y cuantitativa sobre las preferencias y satisfacción del usuario (Salvador *et al.*, 2014). Los instrumentos utilizadas para el registro de información son las encuestas, cuestionarios y entrevistas.

- *Indagación participativa*, que consiste en el registro de información cualitativa de las dificultades del usuario cuando intenta completar tareas con el software a evaluar (Bishop & Bruce, 2002). Los instrumentos utilizados para el registro de información son el cuestionario y encuesta.

Como se puede observar los UEMs empíricos se centran en la observación del comportamiento de los usuarios mientras desarrollan tareas en el WIS a evaluar, tomando medidas asociadas a la eficiencia de la interacción (número de clics, tiempo de terminación de la tarea, éxito de la tarea, número de errores), es decir se centra en la observación de cómo se usa el WIS. Por su parte, los UEMs de indagación se centran en la evaluación de la percepción (cualitativa y cuantitativa) que los usuarios (en forma individual o en grupo) tienen del sistema que han usado.

**4.3.2 Técnicas más utilizadas por los UEMs empíricos y de indagación.** En la literatura se han planteado las siguientes técnicas más representativas usadas por los UEMs *empíricos*: Test de usuario, Pensar en voz alta, Co-descubrimiento, Construcción interactiva y Protocolo pedir preguntas (Whitefield *et al.*, 1991; Holzinger, 2005; Anandhan & Namasivayam, 2006; Liu, (2008, November); Otaiza *et al.*, 2010; Fernández, 2012; Alroobaea & Mayhew, 2013; Rama & Dhanraj, 2014). A continuación se describen estas técnicas:

- *Test de usuario*: Es una de las técnicas más comunes para evaluar usabilidad (Hasan, 2014a) donde los participantes usan un WIS para realizar tareas predefinidas asignadas, mientras que uno o más observadores registran su comportamiento y lo registran como evidencia empírica (Nielsen, 1999; Brinck *et al.*, 2001; Anandhan & Namasivayam, 2006). Estas tareas se realizan sin información o pistas en cuanto a cómo llevarlas a cabo, y sin proporcionar ayuda al usuario durante la sesión de prueba (Alroobaea & Mayhew, 2014).
- *Pensar en voz alta*: Es una técnica no estructurada planteado Lewis (1982) y proveniente de la psicología evolutiva (Bartek & Cheatham, 2003; Krahmer & Ummelen, 2004; Cooke, 2010), que se centra en la verbalización de los pensamientos de los sujetos de prueba cuando interactúan con una aplicación para desarrollar una tarea, lo cual permite al evaluador comprender la interpretación que los usuarios tienen de una interfaz (McDonald *et al.*, 2012). Los datos de interacción se toman de las transcripciones escritas de estas verbalizaciones, las cuales se denominan "*Protocolo de pensamiento en voz alta*" y se utilizan para analizar acciones, expectativas, suposiciones, inferencias, confusiones y dudas de un usuario al interactuar con un WIS.

- *Co-descubrimiento*: También llamado Construcción interactiva (Holzinger, 2005), es una variación de la técnica *pensar en voz alta* que usa a dos participantes se ayudan entre sí mientras exploran la aplicación que se está evaluando. La verbalización de pensamientos mientras los usuarios interactúan entre sí y con la aplicación, utilizando una única estación de trabajo, es más natural que la técnica de pensar en voz alta, debido a que se trata de una conversación entre dos personas (Nilsen, 1993; Adebessin & Ssemugabi, 2009).
- *Protocolo pedir preguntas*: Esta técnica es una variación de la técnica *pensar en voz alta* y consiste en que los evaluadores piden a los usuarios preguntar sobre el producto que se está evaluando (Rama & Dhanraj, 2014).

De la misma forma, se han identificado las técnicas más representativas usadas por los UEMs de *indagación*: Cuestionario, encuesta, entrevista y grupo focal (Whitefield *et al.*, 1991; Holzinger, 2005; Anandhan & Namasivayam, 2006; Liu, (2008, November); Otaiza *et al.*, 2010; Fernández, 2012; Alroobaea & Mayhew, 2013; Rama & Dhanraj, 2014). A continuación se describen estas técnicas:

- *Cuestionario*: Esta es la técnica estructurada indirecta más utilizada para la obtención de información subjetiva de los usuarios como evidencia (Hassan, 2013a; Alroobaea & Mayhew, 2014) para proveer respuestas a preguntas específicas de evaluación indirecta de un sitios Web (Al-Juboori *et al.*, 2011) y sin observación directa sobre de su interacción con el WIS (Bartek & Cheatham, 2003; Rama & Dhanraj, 2014). Se clasifican generalmente en cuestionarios pre-test y post test y se utilizan siempre en conjunción con otras técnicas.
- *Encuesta*: Es una técnica estructurada de recolección de información por medio de preguntas escritas organizadas en un cuestionario como instrumento para investigar en forma indirecta la percepción de usabilidad del usuario de un WIS (Christoun *et al.*, 2006; Meiselwitz & Trajkovski, 2006; Jinling & Huan, 2007; Wang & Liu, 2007; Chaparro, 2008; Mustafa y Al-Zoua'bi, 2008; Huang & Li, 2010; Lodhi, 2010; Lynch *et al.*, 2013; Nariman, 2010; Chofa *et al.*, 2012; Hasan, 2012; Manzoor & Hussain, 2012; Mentis & Turan, 2012; Suwawi *et al.*, 2015; Koohang & Paliszkiwicz, 2014; Venkatesh *et al.*, 2014; Panda *et al.*, 2015). Se caracteriza porque el encuestado lee previamente el cuestionario y lo responde por escrito, sin la intervención directa del encuestador.
- *Entrevista*: En esta técnica un usuario y un experto participan en una sesión de discusión en torno a la actitud usuarios hacia el artefacto a ser evaluado.

- *Grupo focal*: En esta técnica los problemas de usabilidad del WIS se discuten con un grupo focal compuesto de usuarios expertos. Esta técnica permite al investigador explorar los juicios considerados de unas pocas personas en gran profundidad y para aprender algo acerca de cómo piensan los usuarios finales (Ivory, 2001; Alroobaea & Mayhew, 2014).

**4.3.3 Interrelaciones de los UEMs empíricos y de indagación y su causalidad.** Los resultados para esta sub-pregunta muestran, en un trabajo se puede reportar la aplicación de más de un tipo de UEM en la evaluación de usabilidad. En los 65 trabajos estudiados se presenta la siguiente distribución: el 33.84% reporta la aplicación de un tipo de UEM; el 53.84% reporta la aplicación de dos tipos de UEM; el 9.23% reporta la aplicación de tres tipos de UEM; y el 3% reporta la aplicación de cuatro tipos de UEM aproximadamente, como se resume en la Tabla 4.3.

Tabla 4.4 Proporción de tipos de UEMs usados simultáneamente en evaluación de usabilidad

Cantidad de tipos de UEM aplicados en evaluación	Porcentaje
1	33.84%
2	53.84%
3	9.23%
4	3%

Los resultados para esta sub-pregunta muestran según 65 trabajos reportados, que el UEM dominante en estudios de usabilidad es la Indagación individual aplicado con la técnica de encuesta en aproximadamente 29.25% (Christoun *et al.* 2006; Meiselwitz & Trajkovski, 2006; Jinling & Huan, 2007; Wang & Liu, 2007; Lencastre & Chaves, 2008; Massey *et al.*, 2008; Mustafa y Al-Zoua'bi, 2008; Nathan & Yeow, 2009; Lodhi, 2010; Nariman, 2010; Chofa *et al.*, 2012; Hasan, 2012; Manzoor & Hussain 2012; Mentés & Turan, 2012; Koochang & Paliszkievicz, 2014; Venkatesh *et al.*, 2014; Suwawi *et al.*, 2015), según se muestra en la Tabla 4.4.

A la combinación anterior le siguen las combinaciones de UEMs Empírico de evaluación de desempeño e Indagación individual con las técnicas de test de usuario y cuestionario le siguen con aproximadamente 26.15% (Sandvig & Bajwa, 2004; Anandhan *et al.*, 2006; Fang & Holsapple, 2007; Chaparro, 2008; Hart & Portwood, 2009; Granić & Marangunić

2010; Ekşioğlu *et al.*, 2011; Hassan, 2013a, 2013b; Lynch *et al.*, 2013; Davids, 2015; Hasan, 2014a, 2014c; Roy *et al.*, 2014; Yusuf *et al.*, 2014; Panda *et al.*, 2015; Sousa *et al.*, 2015), y en tercer lugar, las combinaciones de UEMs Empírico observacional e Indagación individual con las técnicas de pensar en voz alta y cuestionario en aproximadamente 23.07% (Jaspers *et al.*, 2004; Moore *et al.*, 2009; Swaak *et al.*, 2009; Zainudin *et al.*, 2010; Romano *et al.*, 2011; Al-Badi *et al.*, 2013; Afonso *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2013; McDonald *et al.*, 2013; Tüzün, *et al.*, 2013; Alroobaea & Mayhew, 2014; Basher *et al.*, 2014; Berry *et al.*, 2015; Hanrath & Kottman, 2015; Paz *et al.*, 2015).

Las combinaciones de UEMs menos utilizadas son Empírico observacional con la técnica pensar en voz alta en aproximadamente 9.23% (Krahmer & Ummelen, 2004; Cooke, 2010; Olmsted-Hawala *et al.*, 2010; Breakey *et al.*, 2013; Goh *et al.*, 2013; Hertzum *et al.*, 2014); Empírico observacional con Indagación por grupos con las técnicas de pensar en voz alta y grupo focal con aproximadamente 6.15% (Van den Haak *et al.*, 2004; Otaiza *et al.*, 2010; AlRoobaea *et al.*, 2013; Do Canto & Da Rosa, 2014); y por último se presentan otras combinaciones menos relevantes de UEMs en aproximadamente 6.15% (Nicolson *et al.*, 2011; Yeratziotis *et al.*, 2011; Yammiyavar & Deshpande, 2012; Tee *et al.*, 2013).

Tabla 4..5 Combinaciones de UEMs empíricos y de indagación, y técnicas de evaluación de usabilidad

Combinación de UEMs utilizados		Técnica usada	Nro de trabajos	Porcentaje
Empírico	Indagación			
--	Individual	Encuesta	19	29.25%
Evaluación de desempeño	Individual	Test de usuario – Cuestionario <sup>(1)</sup>	17	26.15%
Observacional	Individual	Pensar en voz alta – Cuestionario <sup>(1)</sup>	15	23.07%
Observacional	--	Pensar en voz alta	6	9.23%
Observacional	Grupos	Pensar en voz alta - Grupo focal <sup>(1)</sup>	4	6.15%
Otras combinaciones			4	6.15%

<sup>(1)</sup> Combinado adicionalmente con otros tipos de UEMs en menor proporción

**4.3.4 Tipos de UEMs empíricos y de indagación más utilizados y como se han aplicado.** Para resolver esta sub-pregunta se suma la cantidad de UEMs reportados en los 65 artículos lo cual da como resultado 119 tipos de UEM utilizados por las investigaciones identificadas, los cuales son la base de estudio de la presente sección.

De acuerdo a los resultados de la investigación relacionados con la sub-pregunta P1, se muestra que el tipo de UEM de *indagación* es el más utilizado, encontrándose que el

61.35% de los UEMs reportados son de este tipo, seguido del tipo *empírico* reportado en el 38.65% de los casos. A continuación se muestran las técnicas de recolección de datos asociadas a estos dos tipos de UEM.

#### **4.3.4.1 Técnicas de recolección de información aplicadas en los UEMs de indagación.**

Con respecto a este tipo de UEM, la técnica de recolección de datos más utilizada es el cuestionario en un 48% de los casos, seguido del tipo encuesta usado en el 31.5% de los casos aproximadamente. Con porcentajes menores tenemos la entrevista usada en el 15.2% de los casos, así como el grupo focal y otros usados en un 2.65% de las veces aproximadamente.

A continuación se analiza la aplicación de las técnicas de recolección de información de cuestionario y encuesta, como las dos primeras técnicas más utilizados y representativos en la revisión de literatura realizada.

**4.3.4.1.1 Cuestionario.** Con respecto al uso de esta técnica de recolección de datos, se ha reportado el uso de cuestionarios pre-test en un 32.4% y post-test en un 67.6%, presentándose usualmente en un mismo formulario distribuido en dos partes.

Los cuestionarios pre-test se utilizan para recopilar información demográfica (Van den Haak *et al.*, 2004; Fang & Holsapple, 2007; Al-Badi *et al.*, 2013; AlRoobaea *et al.*, 2013; Basher *et al.*, 2014; Davids, 2015; Hasan, 2014a, 2014b; Berry *et al.*, 2015; Sousa *et al.*, 2015; y Hanrath & Kottman, 2015), refinar perfiles de usuarios (Hart & Portwood, 2009), seleccionar usuarios (Anandhan *et al.*, 2006), registrar objetivos de uso de un WIS (Ekşioğlu *et al.*, 2011; Tüzün *et al.*, 2013) y determinar la experiencia en el uso de productos software similares (Paz *et al.*, 2015).

Por su parte, los cuestionarios post-test en general son utilizados para obtener retroalimentación sobre percepción y experiencia de usabilidad, así como satisfacción de los usuarios de un WIS. Se presenta la modalidad de cuestionario cerrado (cuantitativo) Likert en un 54.9%, abierto (cualitativo) en un 6.4% y combinados en un 38.7%.

Los cuestionarios post-test cerrados que se aplican en un enfoque ad hoc corresponden al 66.67% (Jaspers *et al.*, 2004; Van den Haak *et al.*, 2004; Fang & Holsapple, 2007; Chaparro, 2008; Hart & Portwood, 2009; Moore *et al.*, 2009; Swaak *et al.*, 2009; Zainudin *et al.*, 2010; Ekşioğlu *et al.*, 2011; Yammiyavar & Deshpande, 2012; Al-Badi *et al.*, 2013; Hasan *et al.*, 2013b; McDonald *et al.*, 2013; Tüzün *et al.*, 2013; Alroobaea & Mayhew, 2014; Basher *et al.*, 2014; Hasan, 2014a, 2014c; Berry *et al.*, 2015; Panda *et al.*, 2015; Paz *et al.*, 2015) y utilizando cuestionarios genéricos de propósito general en un 33.34%.

Con respecto a estos últimos, se aplican versiones de los cuestionarios SUS en un 36.36% (Granić & Marangunić, 2010; AlRoobaea *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2013; Davids, 2015); QUIS en un 18.19% (Jaspers *et al.*, 2004; Romano *et al.*, 2011); CUSQ en un 18.19% (Sandvig & Bajwa, 2004; Hassan, 2013a); ASQ en un 9.10% (Roy *et al.*, 2014); WAMMI en un 9.10% (Roy *et al.*, 2014); y NSUQ en un 9.10% (Sousa *et al.*, 2015).

Los cuestionarios post-test abiertos se han utilizado para que los usuarios mismos identifiquen la información a buscar en el WIS (Sandvig & Bajwa, 2004), registrar respuestas a preguntas abiertas sobre percepciones de evaluación de usabilidad (Van den Haak *et al.*, 2004), identificar de áreas de difícil funcionamiento y problemas de usabilidad (Anandhan *et al.*, 2006; AlRoobaea *et al.*, 2013), registrar comentarios cualitativos de la experiencia en el sitio (Hart & Portwood, 2009; Moore *et al.*, 2009; Ekşioğlu *et al.*, 2011; Al-Badi *et al.*, 2013; Tee *et al.*, 2013), explicar las reacciones de los usuarios que se observaron durante la prueba (AlRoobaea *et al.*, 2013) y obtener descripción cualitativa de satisfacción (Hasan *et al.*, 2013b, 2014c).

**4.3.4.1.2 Encuesta.** Se ha reportado el uso de esta técnica de recolección de datos, en las modalidades de encuestas cerradas en un 54.55%, abiertas en un 4.55% y combinadas en formato abierta-cerrada en un 40.90% aproximadamente, presentándose estas últimas usualmente en un mismo formulario distribuido en dos partes.

Las encuestas cerradas se utilizan para medir la satisfacción general de los usuarios con la usabilidad de un WIS (Christoun *et al.*, 2006; Chaparro, 2008; Chofa *et al.*, 2012; Manzoor & Hussain, 2012; Suwawi *et al.*, 2015), experiencias de usabilidad (Meiselwitz & Trajkovski, 2006), expectativas de usabilidad (Mentes & Turan, 2012), percepción de usabilidad (Jinling & Huan, 2007; Wang & Liu, 2007; Mustafa y Al-Zoua'bi, 2008; Huang & Li, 2010; Lodhi, 2010; Nariman, 2010; Hasan, 2012; Lynch *et al.*, 2013; Panda *et al.*, 2015) y probar un modelo de usabilidad propuesto (Koohang & Paliszkievicz, 2014; Venkatesh *et al.*, 2014).

Las encuestas abiertas se utilizan para recoger información demográfica de los usuarios encuestados (Christoun *et al.*, 2006; Mustafa y Al-Zoua'bi, 2008; Nathan & Yeow, 2009; Nariman, 2010; Chofa *et al.*, 2012; Hasan, 2012; Mentes & Turan, 2012; Lynch *et al.*, 2013; Hanrath & Kottman, 2015), opinión sobre el WIS (Lencastre & Chavez, 2008; Mentes & Turan, 2012) e identificar elementos que afectan la usabilidad (Nathan & Yeow, 2009).

Con respecto al uso de guías de usabilidad de propósito general, se reporta el uso en encuestas cerradas de MUG (Jinling & Huan, 2007; Wang & Liu, 2007; Massey *et al.*,

2008; Huang & Li, 2010), WAMMI (Mentes & Turan, 2012), WLUQ (Meiselwitz & Trajkovski, 2006), WUEM (Manzoo & Hussain, 2012), SUS (Lynch *et al.*, 2013) y HHS e usability.gov (Venkatesh *et al.*, 2014).

En relación con la escala, la mayoría de las encuestas de evaluación de usabilidad reportadas utilizan en sus cuestionarios la escala Likert de 5 puntos (Christoun *et al.*, 2006; Meiselwitz & Trajkovski (2006); Lencastre & Chavez, 2008; Nariman, 2010; Mentes & Turan, 2012; Lynch *et al.*, 2013; Koohang & Paliszkievicz, 2014), seguida de la escala Likert de 7 puntos (Hasan, 2012; Venkatesh *et al.*, 2014; Panda *et al.*, 2015), de 4 puntos (Lodhi, 2010; Chofa *et al.*, 2012). Otros autores como Jinling & Huan (2007) reportan el uso de la escala de Agarwal & Venkatesh (2002), Wang & Liu (2007) la escala AHP, Massey *et al.* (2008) la escala TRI de Parasuraman (2000), Mustafa & Al-Zoua'bi (2008) la escala de méritos de Chiew & Salim (2003) y Suwawi *et al.* (2015) la escala Kano.

**4.3.4.2 Técnicas de recolección de información aplicadas en los UEMs empíricos.** Con respecto a este tipo de UEM, la técnica recolección de datos más utilizada es pensar en voz alta en un 52% de los casos, seguido del tipo test de usuario en el 41.66% de los casos aproximadamente. Con porcentajes menores tenemos el registro de acciones del usuario en el 4.16% de los casos, así como el co-descubrimiento usados en un 2.10% de las veces aproximadamente. A continuación se analiza la aplicación de las técnicas de pensar en voz alta y test de usuario, como las dos primeras técnicas más utilizados y representativos en la revisión de literatura realizada.

**4.3.4.2.1 Pensar en voz alta.** En la literatura relacionada con esta técnica, Krahmer & Ummelen (2004) identifican dos enfoques: el de Ericson & Simon (1993) usado en el 96% y el de Boren & Ramey (2000) usado el 4% de los trabajos consultados aproximadamente. El enfoque de Ericson & Simon (1993) se caracteriza porque las intervenciones del experimentador se limitan a animar al sujeto de prueba a que verbalice sus pensamientos cuando se queda en silencio, sin interferir en su forma de pensaren voz alta. En este enfoque se identifican dos tipos básicos de técnica: *concurrente*, usado en el 87.5% y *retrospectivo* usado en el 12.5% de los trabajos consultados.

La técnica del tipo *concurrente*, se caracteriza por que los participantes verbalizan sus pensamientos en tiempo real durante la ejecución de la tarea, siendo éste el enfoque dominante (Elling, 2012). Ejemplos representativos de esta técnica puede consultarse en los trabajos de Van den Haak *et al.* (2004), Olmsted-Hawala *et al.* (2010), Nicolson *et al.* (2011), Alroobaea & Mayhew (2014), Hertzum *et al.* (2014), Berry *et al.* (2015) y Hanrath & Kottman (2015), en entre otros.

Por otra parte, la técnica *retrospectiva* se caracteriza porque los participantes verbalizan sus acciones después de finalizar sus tareas y responden a preguntas del observador. Presenta como ventaja que las preguntas pueden muy detalladas, pero como desventaja que el participante puede no recordar con facilidad exactamente lo que hizo o plantear construcciones lógicas más coherentes e inteligentes que no existieron en realidad (Van *et al.*, 1994). Ejemplos representativos de esta técnica puede consultarse en los trabajos de Van den Haak *et al.* (2004), Goh *et al.* (2013) y Hertzum *et al.* (2014) entre otros.

A pesar de que se han planteado los enfoques anteriores, no existe un método reportado y generalmente aceptado para la aplicación de esta técnica (Ericson & Simon, 1993; Krahmer & Ummelen, 2004). En la literatura, en ocasiones se ofrecen puntos generales de consideración para su celebración que puede mantener la sesión alineada con el fin previsto (Olmsted-Hawala *et al.*, 2010; Sands & Simmons, 2014) o no se plantea explícitamente un método sino que se reporta una serie de actividades realizadas. Para Olmsted-Hawala *et al.* (2010) esto es problemático porque los profesionales de usabilidad y otros investigadores no tienen forma de saber qué tipo de protocolo de pensar en voz alta se utilizó en un estudio en particular, por lo cual se replicación es casi imposible.

No obstante lo anterior, Van Someren *et al.* (1994) el autor más referenciado en esta técnica, planteó como procedimientos prácticos: instrucciones, entrenamiento, comportamiento del experimentador, grabación, transcripción del protocolo y revisión. Van den Haak *et al.* (2004) reportó fases de desarrollo relacionadas con: participantes, tareas, cuestionarios, procedimiento experimental, procesamiento de datos y resultados. Barnum (2010) planteó la definición del perfil del usuario, tareas, utilización voz alta para describir procesos de pensamiento, hacer cambios y probar de nuevo, y Olmsted-Hawala *et al.* (2010) plantearon actividades relacionadas con participantes, entrenamiento, administración de la prueba y codificación de datos grabados. En general, los participantes en esta técnica se relacionan con el sujeto de prueba o usuario típico que reporta las verbalizaciones, y el experimentador quien entrena y observa a los sujetos de prueba que evaluarán el WIS para señalar sus errores y dificultades, administra la sesión, plantea tareas y preguntas.

En relación a los sujetos de prueba, el 28% de los trabajos estudiados los seleccionaron con experiencia en el WIS a evaluar (Jaspers *et al.*, 2004; Krahmer & Ummelen, 2004; Moore *et al.*, 2009; Romano *et al.*, 2011; Nicolson *et al.*, 2011; Romano *et al.*, 2011; AlRoobaea *et al.*, 2013), mientras que el 10% los seleccionaron con sin experiencia en el WIS a evaluar (Van den Haak *et al.*, 2004; Olmsted-Hawala *et al.*, 2010), y el 70% de los trabajos estudiados no especificaron esta consideración.

En relación con las tareas, el 24% de los trabajos estudiados reportó asignación de tareas de búsqueda de información (Jaspers *et al.*, 2004; Swaak *et al.*, 2009; Cooke, 2010; Olmsted-Hawala *et al.*, 2010; McDonald *et al.*, 2013; Nicolson *et al.*, 2011); el 16% reportó asignación de tareas de navegación (Krahmer & Ummelen, 2004; Breakey *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2013; Berry *et al.*, 2015); el 12% reportó asignación de tareas combinando búsqueda y navegación (Moore *et al.*, 2009; Romano *et al.*, 2011; Van den Haak *et al.*, 2004) y el 48% restante de estudios no reportaron explícitamente el tipo de tareas asignadas en sus investigaciones.

Con respecto a la recolección de datos con este tipo de UEM, el 68% de los trabajos estudiados reporta grabaciones en video y audio (Krahmer & Ummelen, 2004; Cooke, 2010; Romano *et al.*, 2011; McDonald *et al.*, 2013; Hertzum *et al.*, 2014; Paz *et al.*, 2015). Hanrath & Kottman (2015) y Al-Badi *et al.* (2013) reportaron el uso del software Morae y Camtasia respectivamente, y el 32% de los estudios no reportaron explícitamente grabaciones en sus investigaciones (Moore *et al.*, 2009; Otaiza *et al.*, 2010; AlRoobaea *et al.*, 2013; Basher *et al.*, 2014; Berry *et al.*, 2015).

En relación con la codificación de datos grabados, solamente el 32% de los trabajos estudiados reportó esta actividad. Dentro de los trabajos más representativos tenemos a Jaspers *et al.* (2004) y McDonald *et al.* (2013) quienes reportaron la realización de transcripciones de verbalizaciones en segmentos que representaban una sola frase o elemento de información. Krahmer & Ummelen (2004) que reportaron adicionalmente mediciones de clics, número de declaraciones del experimentador, cantidad de tareas ejecutadas con éxito y palabras pronunciadas por tema. Cooke (2010) reportó categorías asociadas a lectura, procedimiento, observación y explicación, y Olmsted-Hawala *et al.* (2010) reportaron categorías asociadas a frustración.

Esta técnica ha sido ampliamente criticada por varios autores con respecto a la validez e integridad de los informes que genera debido a que intervención del experimentador genera perturbación en los procesos cognitivos de los usuarios. Krahmer & Ummelen (2004) plantean que este método no es natural debido a que los sujetos de prueba deben aprender la diferencia entre describir lo que están haciendo y lo que están pensando, y que la forma en que se administra la prueba influye en los resultados.

Para Hozinguer (2005), las desventajas se relacionan el estilos de aprendizaje de los sujetos de prueba que inhibe a algunos de ellos, el alto impacto negativo por distracciones, lo extenuante de su aplicación y el tiempo que consumo en el entrenamiento de los usuarios. Por su parte, Olmsted-Hawala *et al.* (2010) y Sands & Simmons (2014) afirman como se ha observado en la literatura, que no se plantea un método para la aplicación de esta técnica,

sino que se hallan relacionadas una serie de actividades realizadas por cada investigador en particular, lo cual es problemático porque los profesionales de usabilidad y otros investigadores no tienen forma de saber qué tipo de protocolo de pensar en voz alta se utilizó en un estudio en particular, por lo cual se replicación es casi imposible.

**4.3.4.2.2 Test de usuario.** Esta técnica se caracteriza porque usuario deben realizar tareas específicas en el WIS a evaluar, combinándose usualmente con las técnicas de cuestionario o de encuesta.

De los trabajos revisados, únicamente el 11.12% reporta el planteamiento o seguimiento de una metodología de aplicación de esta técnica. Al respecto, Anandhan *et al.* (2006) plantearon su enfoque CARE en el cual definen para su aplicación las fases de definición del problema, preparación de la lista de tareas, selección de usuarios de ejemplo, programación y realización de la prueba, recolección de datos y análisis de resultados. Yusuf *et al.* (2014) por su parte, plantearon una metodología compuesta por las fases de estudio preliminar, pre-test, test, post-test y documentación de los resultados para un uso posterior. Los demás autores investigados que corresponden al 88.80% no reportan explícitamente una metodología para aplicar esta técnica, sino que describen en forma implícita los pasos aplicados. En general, los participantes de esta técnica se relacionan con los sujetos de prueba que desarrollan tareas en el WIS, y con el investigador también asociado en ocasiones como observador, moderador o administrador de la prueba.

En relación con los sujetos de prueba, el 25% de los trabajos estudiados los seleccionaron con experiencia previa en el WIS a evaluar (Anandhan *et al.*, 2006; Davids, 2015; Roy *et al.*, 2014; Hasan, 2014a), el 6.25% los seleccionó y agrupó en expertos y novatos (Granić & Marangunić 2010); el 18.75% los seleccionó novatos (Lynch *et al.*, 2013; Hassan, 2013a; Ekşioğlu *et al.*, 2011) y el 50% no reportó esta consideración (Sandvig & Bajwa, 2004; Fang & Holsapple, 2007; Chaparro, 2008; Hart & Portwood, 2009; Hasan *et al.*, 2013b; Do Canto & Da Rosa, 2014; Yusuf *et al.*, 2014; Sousa *et al.*, 2015).

Con respecto a las tareas a desarrollar, el 56.25% de los trabajos estudiados reportó asignación de tareas de búsqueda de información (Anandhan *et al.*, 2006; Chaparro, 2008; Hart & Portwood, 2009; Granić & Marangunić 2010; Ekşioğlu *et al.*, 2011; Hasan *et al.*, 2013b; Lynch *et al.*, 2013; Hasan, 2014a; Roy *et al.*, 2014); el 25% reportó asignación de tareas de navegación (Sandvig & Bajwa, 2004; Fang & Holsapple, 2007; Davids, 2015; Do Canto & Da Rosa, 2014); y el 18.75% de estudios no reportaron el tipo de tareas asignadas en sus investigaciones.

En relación a la recolección de datos, se han sugerido diferentes técnicas complementarias para su uso durante una sesión de pruebas de usuario. En el presente estudio se encontró que el 37.5% reportó como evidencia de datos de desarrollo de tareas de usuario el uso de diversos software de captura de pantalla, tales como Windows Media Encoder (Roy *et al.*, 2014); Morae™ de TechSmith (Chaparro, 2008; Lynch *et al.*, 2013; Davids, 2015), utilizado para registrar en forma específica eventos en pantalla de la página web para cada tarea y datos de rendimiento, incluyendo el tiempo en la tarea y el número de páginas navegar por cada participante; y Camtasia (Hassan, 2013a; Hasan *et al.*, 2013b).

Desde la perspectiva del uso de cuestionario, el 44% reportó el uso de cuestionarios pre-test para identificar usuarios (Anandhan *et al.*, 2006), registrar información demográfica (Hart & Portwood, 2009; Do Canto & Da Rosa, 2014; Yusuf *et al.*, 2014) y registrar propósitos de uso del sitio web (Ekşioğlu *et al.*, 2011). Algunos autores como Fang & Holsapple (2007) y Ekşioğlu *et al.* (2011) optaron por realizar estudios piloto con usuarios expertos sobre cuestionarios y tareas diseñadas, para observar en tiempo real reflexiones, actuaciones y problemas de los usuarios en las etapas del proceso de evaluación, y así ajustar las tareas y cuestionarios utilizados.

La sesión de test se inicia con una familiarización del usuario en los escenarios de tareas y propósito del estudio (Alroobaea & Mayhew, 2014). Durante el desarrollo del test de usuario, el observador registra la secuencia de páginas, tiempo necesario para completar cada tarea (Hassan, 2013a), el éxito de esta, comentarios realizados por el usuario, datos de rendimiento y subjetivos (dificultad de la tarea percibida, satisfacción) por cada participante (Chaparro, 2008; Hart & Portwood, 2009), así como observaciones generales.

De la misma forma, con respecto a los cuestionarios post-test, el 75% reportó su uso con diversos propósitos tales como cerrados para medir la usabilidad percibida (Sandvig & Bajwa, 2004; Anandhan *et al.*, 2006; Fang & Holsapple, 2007; Hart & Portwood, 2009; Hasan *et al.*, 2013b; Yusuf *et al.*, 2014) y abiertos para registrar datos cualitativos sobre experiencia con la interface Web (Hart & Portwood, 2009; Hassan, 2013a; Hasan *et al.*, 2013b; Do Canto & Da Rosa, 2014), así como observaciones y comentarios (Hassan, 2013a; Hasan *et al.*, 2013b).

Con respecto a la identificación de problemas de usabilidad con los datos de rendimiento de los usuarios, Hasan (2013a) utiliza dos fases: la primera relacionada con la identificación de tareas problemáticas, considerando todas las tareas que uno o más usuarios no pudieron completar con éxito en un tiempo dado. La segunda fase se relaciona con la identificación de problemas de usuario realizando un análisis de fuentes de error para identificar tareas problemáticas y problemas de usabilidad examinando diferentes fuentes tales como notas

de observación, notas de revisión de las sesiones grabadas en software de captura de pantalla y comentarios de los usuarios registrados durante la prueba.

**4.3.5 Fase de desarrollo en la cual se han aplicado los UEMs empíricos y de indagación.** Según la presente investigación la fase de desarrollo en la cual se han aplicado los UEMs empíricos y de indagación es la de operación en la totalidad de los trabajos investigados.

**4.3.6 Información que proveen al evaluador los UEMs empíricos y de indagación.** Los resultados para esta sub-pregunta revelan que alrededor del 82.4% de los estudios sólo proporcionan informes sobre problemas de usabilidad, sin dar retroalimentación explícita y orientación a las actividades de diseño correspondientes (Jaspers *et al.*, 2004; Krahrmer & Ummelen, 2004; Van den Haak *et al.*, 2004; Anandhan *et al.*, 2006; Christoun *et al.*, 2006; Jinling & Huan, 2007; Wang & Liu, 2007; Chaparro, 2008; Massey *et al.*, 2008; Hart & Portwood, 2009; Moore *et al.*, 2009; Cooke, 2010; Lodhi, 2010 ; Romano *et al.*, 2011; Ekşioğlu *et al.*, 2011; Chofa *et al.*, 2012; Hasan, 2012; AlRoobaea *et al.*, 2013; Koohang & Paliszkiwicz, 2014; Roy *et al.*, 2014; Berry *et al.*, 2015; Panda *et al.*, 2015; Sousa *et al.*, 2015; Suwawi *et al.*, 2015).

El 10.3% aproximadamente, proveen información sobre hipótesis (Fang & Holsapple, 2007; McDonald *et al.*, 2013; Hertzum *et al.*, 2014), validaciones (Huang & Li, 2010; Koohang & Paliszkiwicz, 2014) ) y comparaciones de modelos de usabilidad (Olmsted-Hawala *et al.*, 2010; Venkatesh *et al.*, 2014) y el 7.3% restante proveen información sobre preferencias (Sandvig & Bajwa, 2004) y desempeño del usuario (Meiselwitz & Trajkovski, 2006; Lencastre & Chaves, 2008; Massey *et al.*, 2008; Cooke, 2010).

**4.3.7 Eficiencia de UEMs empíricos y de indagación.** En la literatura no se encuentran reportadas investigaciones relacionadas con la evaluación de eficiencia de UEMs empíricos y de indagación exclusivamente, en forma separada o combinada.

No obstante, para Hasan (2014c), al reportar la evaluación de usabilidad de un sitio Web universitario afirma que los UEMs empíricos y de indagación se complementan, debido a que cada uno identifica problemas de usabilidad que el otro no puede. Plantea que los datos cuantitativos no pueden por sí solos identificar problemas de usabilidad debido a que miden una impresión global de satisfacción del usuario. Por su parte, los UEMs empíricos presenta exactitud en la identificación de problemas de usabilidad específicos (Hasan, 2012). Jaspers *et al.* (2004) plantea que los UEMs empíricos observacionales como la técnica de pensar en voz alta proporcionan una comprensión más profunda de la usabilidad para el diseño de interfaces que los métodos de indagación tales como las técnicas de

entrevistas o cuestionarios. Por su parte, Van den Haak *et al.* (2004) y Krahmer & Ummelen (2004) con respecto a los UEMs empíricos, plantean que la técnica pensar en voz alta concurrente es más significativa para detectar problemas de usabilidad mediante la observación del investigador, mientras que la técnica retrospectiva es más eficiente para detectar problemas de usabilidad mediante la verbalización del sujeto de prueba.

Como se observa se requiere de más investigación sobre la evaluación de eficiencia de UEMs empíricos y de indagación en forma separada o combinada para poder tomar conclusiones al respecto.

**4.3.8 Marco teórico de usabilidad utilizado en la aplicación de UEMs empíricos y de indagación.** Los resultados para esta sub-pregunta muestran que de los 65 artículos estudiados, el marco teórico se encuentra basado en Nielsen (1993, 1994, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2008, 2009, 2012) en un 43.67% (Jaspers *et al.*, 2004; Krahmer & Ummelen, 2004; Anandhan *et al.*, 2006; Fang & Holsapple, 2007; Wang & Liu, 2007; Lencastre & Chaves, 2008; Hart & Portwood, 2009; Moore *et al.*, 2009; Granić & Marangunić 2010; Huang & Li, 2010; Romano *et al.*, 2011; Ekşioğlu *et al.*, 2011; Hasan, 2012, 2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2014c; Mentés & Turan, 2012; Afonso *et al.*, 2013; Alroobaea & Mayhew, 2014; Do Canto & Da Rosa, 2014; Berry *et al.*, 2015; Al-Badi *et al.*, 2013; Hanrath & Kottman, 2015; Panda *et al.*, 2015; Paz *et al.*, 2015).

En el estándar ISO/IEC 9241-11 (1992, 1998) en el 16.5% (Jinling & Huan, 2007; Wang & Liu, 2007; Massey *et al.*, 2008; Huang & Li, 2010; Otaiza *et al.*, 2010; Yeratziotis *et al.*, 2011; Yammiyavar & Deshpande, 2012; AlRoobaea *et al.*, 2013; Basher *et al.*, 2014; Do Canto & Da Rosa, 2014; Hasan, 2014a; Koohang & Paliszkievicz, 2014; Yusuf *et al.*, 2014; Paz *et al.*, 2015; Sousa *et al.*, 2015), en Preece (1994, 2001, 2002) en un 4.9% (Fang & Holsapple, 2007; Hart & Portwood, 2009; Zainudin *et al.*, 2010; Nicolson *et al.*, 2011; Panda *et al.*, 2015), en Bevan (1994, 2001) en un 4.8% (Granić & Marangunić 2010; Chofa *et al.*, 2012; Goh *et al.*, 2013; Tee *et al.*, 2013), en Shackel (1991) en un 2.91% (Lencastre & Chaves, 2008; Koohang & Paliszkievicz, 2014; Yusuf *et al.*, 2014). En el estándar ISO/IEC 9126 (2001) en un 2.91% (Koohang & Paliszkievicz, 2014; Paz *et al.*, 2015; Suwawi *et al.*, 2015), otros autores varios (usados en 1 solo artículo) en un 21.35%, tales como Dix (1993), Meiselwitz & Trajkovski (2006), Afonso *et al.* (2013), Quesembery (2003), Koohang & Paliszkievicz (2014), Scheiderman (1998), Fang & Holsapple (2007; Mentés & Turan, 2012) y no reportan autor en el marco teórico en un 3.88%.

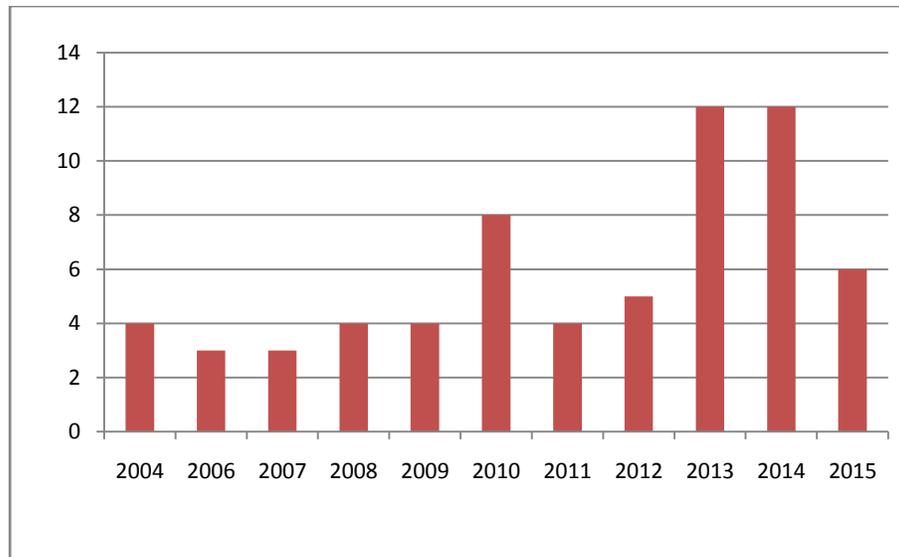
**4.3.9 Tipos de WIS evaluados por los UEMs empíricos y de indagación estudiados.** El tipo de WIS más evaluado por UEMs empíricos y de indagación corresponde a portales universitarios en un 29.23%, seguido de sitios Web comerciales en un 15.38%, y de sitios Web de gobierno electrónico en un 12.30% como se observa en la Tabla 4.5.

Tabla 4.6 Tipos de WIS evaluados por UEMs empíricos y de indagación.

Tipo de WIS evaluado	Artículos estudiados	
	Cantidad	Porcentaje
Portal universitario	19	29.23%
Sitio Web comercial	10	15.38%
Sitio Web gobierno electrónico	8	12.30%
Sitio Web médico	7	10.77%
Sitio Web de aprendizaje	6	9.23%
Red social	4	6.15%
Catálogo biblioteca universitaria	3	4.61%
Portal Web transaccional	3	4.61%
WIS varios	5	7.72%

**4.3.10 Interés sobre UEMs empíricos y de indagación.** La Figura 4.2 muestra la cantidad de publicaciones estudiadas sobre UEMs empíricos y de indagación por año a partir de 2004, año a partir del cual se realizó la extracción de artículos (Ver Tabla A.1). Un análisis del número de trabajos estudiados muestra que ha habido un incremento significativo del interés sobre este tipo de UEMs desde 2013, considerando que la extracción de artículos del área se realizó a finales del año 2015. A igual conclusión se llega al observar el "análisis de resultados de búsqueda" que suministra Scopus según se muestra en la Figura 4.2 para la ecuación de búsqueda relacionada en la sección 4.2.1.5.

Figura 4.1 Número de publicaciones extraídas sobre UEMs empíricos y de indagación por año.



Fuente: Scopus , 2016.

Figura 4.2 Número de publicaciones sobre UEMs empíricos y de indagación por año



Fuente: Scopus , 2016.

#### 4.4 Discusión.

En esta sección se resumen los principales resultados de esta revisión sistemática de literatura.

- Los UEMs más utilizados en la literatura son los de indagación seguidos de los empíricos.
- En los UEMs de indagación, el tipo individual es el dominante en la literatura estudiada (93.34% de utilización) y las técnicas más utilizadas son en su orden el cuestionario y la encuesta.
- En los EUMs empíricos, los tipos observacional y de evaluación de desempeño se utilizan por igual y las técnicas dominantes son en su orden son pensar en voz alta y el test de usuario.
- La combinación de UEMs dominantes en la literatura son pensar en voz alta con cuestionario y test de usuario con cuestionario, las cuales se usan en la misma proporción en la literatura estudiada.
- La gran mayoría de los artículos estudiados (aproximadamente el 95.5%) reportan la utilización de los UEMS empíricos y de indagación en la fase de operación y proveen información asociada a problemas de usabilidad.
- El marco teórico más utilizado en la literatura estudiada en el modelo de usabilidad de Nielsen (1993; 1994; 2000; 2001; 2002; 2005; 2008, 2009; 2012) en aproximadamente el 45% de los casos, seguido de ISO/IEC 9241-11 (1998). Estos modelos de usabilidad se presentan en el enfoque de proceso de uso, asociado a la evaluación de la percepción de la satisfacción de usuario. Es de destacar que el uso del estándar ISO/IEC 25010 SQuaRE (2010) a pesar de que adopta la definición de usabilidad del estándar ISO/IEC 9241-11 (1998) no se reporta en forma significativa en la literatura de UEMs empíricos y de indagación.

#### 4.5 Conclusiones.

Una vez desarrollada la revisión sistemática de literatura planteada con el objetivo de analizar en profundidad un subconjunto de estudios primarios con el fin de extraer evidencia empírica respecto a la utilización de UEMs empíricos y de indagación en la práctica, se concluye que:

- A pesar de la cantidad de estudios de evaluación de usabilidad reportados usando UEMs empíricos y de indagación, no se encontró en la extracción de artículos relacionados una revisión sistemática de literatura específicamente sobre este tipo de UEMs en conjunto.
- La ecuación de búsqueda relacionada en la sección 4.2.1.5 y suministrada a Scopus (limitando la búsqueda a títulos de artículos) suministró como resultado 112 registros (diciembre de 2015), de los cuales se seleccionaron 65 artículos. Los resultados obtenidos del análisis de estos documentos han permitido llegar a conclusiones con respecto al estado del arte en la aplicación de UEMs empíricos y de indagación a WIS.
- El UEM de indagación individual es el dominante en la literatura estudiada y las técnicas más utilizadas son el cuestionario y la encuesta.
- En los EUMs empíricos, el tipo observacional y de evaluación de desempeño se utilizan por igual, siendo la técnica dominante el test de usuario.
- En la gran mayoría de los artículos estudiados (aproximadamente el 95.5%) para evaluar usabilidad se utilizan los UEMS empíricos y de indagación en la fase de operación de los WIS.
- En los UEMs empíricos y de indagación, el marco teórico más utilizado es el de Nielsen (1993; 1994; 2000; 2001; 2002; 2005; 2008, 2009; 2012), seguido del planteado por el estándar ISO/IEC 9241-11 (1998). Es de destacar que el uso del estándar ISO/IEC 25010 SQuaRE (2010) no se reporta en forma significativa en la literatura de UEMs empíricos y de indagación.
- La estructura asociada a la evaluación de usabilidad de los portales Web universitarios no se diferencian de la presentada en otros tipo de WIS.
- Las preguntas planteadas para la presente de investigación y relacionadas en la sección 4.2.1.1 se resolvieron satisfactoriamente con los artículos seleccionados y permitieron llegar a conclusiones útiles para el desarrollo de la presente investigación.

### Modelo de evaluación de usabilidad para WIS

En este capítulo se presenta el modelo de usabilidad propuesto en la presente investigación, que consiste en dos sub-modelos basados en los componentes de la arquitectura de un WIS identificados en el capítulo 2, y en los modelos de usabilidad basados en los enfoques de proceso de uso y producto en uso desarrollados en el capítulo 3 de la presente investigación. Se inicia con la especificación en SEM de los sub-modelos relacionados, tomando en cuenta el concepto de Dennis (1998) quien plantea que un WIS primero que todo es un sistema de información y en segunda instancia un sistema Web. El primer sub-modelo SEM se obtiene integrando las dimensiones y medidas de usabilidad obtenidas desde el enfoque de proceso en uso. De la misma forma, el segundo sub-modelo SEM se obtiene integrando las dimensiones y medidas de usabilidad obtenidas desde el enfoque de producto en uso, con las medidas y dimensiones de calidad obtenidas para los componentes de la arquitectura de un WIS. La especificación se concluye planteando las hipótesis que relacionan las dimensiones y medidas de los modelos SEM desarrollados.

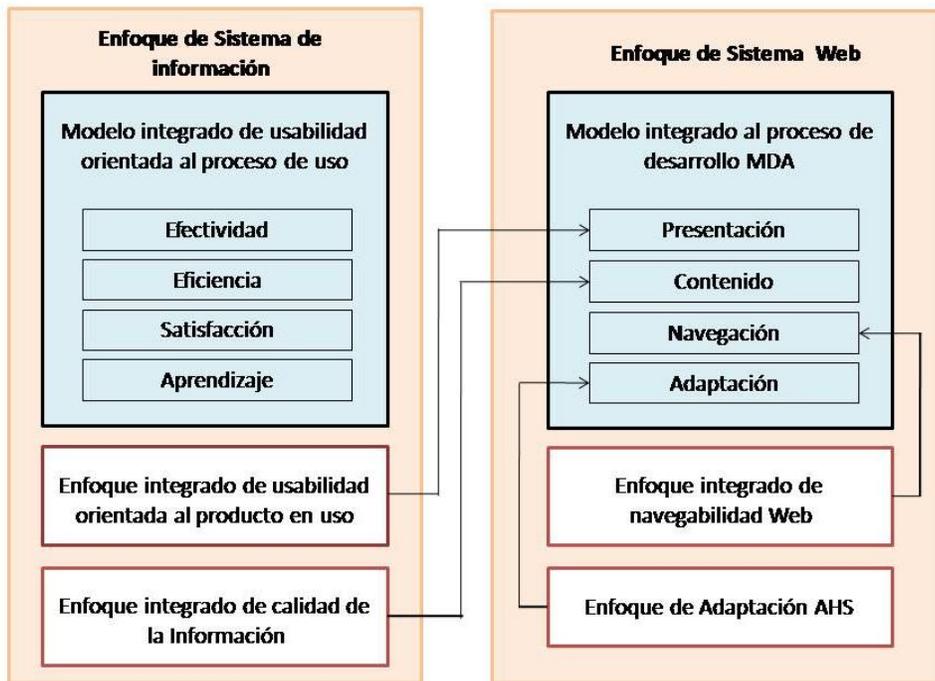
Posteriormente, se diseña el cuestionario de una encuesta de percepción de usabilidad como instrumento de medición de las variables observadas en los sub-modelos planteados. Luego se relacionan brevemente las fases de modelado SEM que se requiere desarrollar para identificar, estimar y evaluar el ajuste y si es necesario re-especificar los sub-modelos planteados en función de los datos obtenidos al aplicar la encuesta relacionada. Por último se plantean las conclusiones del capítulo. Para un tratamiento a profundidad de SEM se recomienda consultar los textos de Schumacker & Lomax (2004) y Kline (2005).

#### 5.1 Especificación del modelo

El objetivo de esta sección es desarrollar la fase SEM de especificación del modelo, el cual se obtiene en forma gráfica mediante un “path diagram”, que representa el modelo resultante de la investigación teórica desarrollada en el capítulos 2 y 3, sobre componentes funcionales de un WIs y modelos de evaluación de usabilidad respectivamente. Los sub-modelos planteados permiten formular hipótesis que expliquen el comportamiento de las variables observadas y su confirmación posterior mediante recopilación de datos (Schumacker & Lomax, 2004; Kline, 2005).

**5.1.1 Planteamiento del modelo teórico.** Como ya se anotó, para la construcción del modelo de usabilidad de la presente investigación se tiene en cuenta el concepto de Dennis (1998) quien plantea que un WIS primero que todo es un sistema de información y en segunda instancia un sistema Web. En la Figura 5.1 se observa la propuesta en la construcción del modelo de usabilidad, donde se identifican dos sub-modelos: el primero obtenido desde un enfoque de Sistemas de Información y el segundo obtenido desde un enfoque integrado al modelo de desarrollo de software MDA.

Figura 5.1 Enfoques teóricos usados para plantear el modelo de investigación



Fuente: Elaboración propia

Desde la perspectiva de sistemas de información, se toman las dimensiones integradas de usabilidad (efectividad, eficiencia, satisfacción y aprendizaje) planteadas desde el enfoque de *usabilidad orientada al proceso de uso* desarrollado en la sección 3.2. De la misma forma se toman las dimensiones y medidas integradas en el enfoque de *usabilidad orientada al producto en uso* desarrollado en la sección 3.4. Por último, se abordan las dimensiones y medidas integradas de calidad de información, desde el enfoque de *calidad de información* desarrollado en la sección 2.2.1.

Desde el enfoque de sistemas Web, se toman los modelos que constituyen un WIS (presentación, contenido, navegación y adaptación) identificados en forma integrada desde el enfoque orientado a la Ingeniería Web como lo es MDA desarrollado en la sección 2.2.

De la misma forma se toman las dimensiones y medidas integradas de navegación, desde el enfoque de *navegabilidad Web* desarrollado en la sección 2.2.3. Por último, se abordan las dimensiones y medidas de adaptación desde el enfoque AHS desarrollado en la sección 2.2.4.

Como se observa en la Figura 5.1, la dimensión Presentación toma sus medidas de usabilidad del modelo integrado de usabilidad orientado al producto en uso, la dimensión Contenido toma sus medidas del modelo integrado de calidad de información, la dimensión Navegación toma sus medidas del modelo de navegabilidad Web y la dimensión Adaptación toma sus medidas del modelo de adaptación AHS. A continuación se describen los modelos de usabilidad propuestos en los enfoques antes relacionados.

#### 5.1.1.1 Modelo teórico de usabilidad desde el enfoque orientado al proceso de uso.

Como ya se estudió en el capítulo 3, en este enfoque integramos las definiciones de usabilidad provenientes del estándar ISO/IEC 9241-11 (1989) y Nielsen (1989) entre otros, modelos que son adoptados y seguidos por la mayoría de los investigadores en usabilidad como se muestra en la Tabla 5.1, así como en las investigaciones reportadas sobre UEMs empíricos y de indagación estudiados en la revisión sistemática de literatura desarrollada en la presente investigación, como se muestra en la sección 4.3.8 y en la tabla 4.2. Luego, para el modelo integrado de usabilidad propuesto, tomamos las dimensiones de usabilidad de efectividad, eficiencia y satisfacción provenientes del modelo ISO/IEC 9241-11 (1989), y la dimensión de aprendizaje proveniente del modelo de Nielsen (1989).

Las características de usabilidad en este enfoque representan medidas objetivas de alto nivel, en el sentido que no pueden ser modificadas por el diseñador de la GUI en forma consciente y directa, como se anotó en la sección 3.1. En el numeral 3.4 se planteó un modelo integrado de usabilidad desde esta perspectiva, el cual se relaciona en forma abreviada en la Tabla 5.1, como modelo teórico de usabilidad.

Tabla 5.1 Modelo teórico de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso.

Característica de Usabilidad	Sub-característica de usabilidad	Medida
1. Efectividad en uso	1.1 Ayuda	1.1.1 Requerimiento de ayuda en línea
		1.1.2 Completos de la ayuda en línea
	1.2 Desempeño en la tarea del usuario	1.2.1 Completos de la tarea
		1.2.2 Precisión en el desarrollo de tareas

Tabla 5.2 Modelo teórico de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso (Continuación)

Característica de Usabilidad	Sub-característica de usabilidad	Medida
2. Eficiencia en uso	2.1 Desempeño de tarea	2.1.1 Cantidad de tareas completadas por unidad de tiempo
		2.1.2 Carga de trabajo del usuario
	2.2 Limitaciones de contexto	2.2.1 Carga del sistema
		2.2.2 Adaptabilidad al usuario
	2.3 Operatividad	2.3.1 Esfuerzo mental del usuario
	3. Satisfacción	3.1 Cognitiva
3.1.2 GUI atractiva		
3.1.3 Calidad de resultados		
3.2 Confianza		3.2.1 Credibilidad de la información
		3.2.2 Información probada y verdadera
4. Aprendizaje		4.1 Previsibilidad
	4.2 Intuitivo	4.2.1 Determinación de acciones relevantes
	4.3 Auto-descripción	4.3.1 Realimentación inmediata
		4.3.2 Utilidad de los mensajes

**5.1.1.2 Modelo teórico de usabilidad desde el enfoque de producto en uso y sistema Web.** Como se planteó en la sección 2.2, un WIS se compone de los modelo de contenido, presentación, navegación y adaptación. Estos modelos fueron derivados en un enfoque de usabilidad proveniente de la Ingeniería Web que se encarga de resolver problemas de procesamiento interactivo de información, respaldada por bases de datos presentada en forma dinámica a través de páginas Web. A continuación se presentan las medidas consideradas para la construcción de este modelo.

- *Modelo de Contenido.* Las medidas para este modelo se toman las medidas integradas de las categorías representacional y contextual de modelos de calidad de información obtenidas en la sección 2.2.1 y relacionadas en la Tabla 2.3.

- *Modelo de Presentación.* Las medidas para este modelo se toman del modelo integrado de usabilidad en el enfoque de calidad de producto, obtenidas en la sección 3.5 y relacionadas en la Tabla 3.7.
- *Modelo de navegación.* Las medidas para este modelo se toman del modelo integrado de usabilidad en el enfoque de navegabilidad Web, obtenidas en la sección 2.2.3 y relacionadas en la Tabla 2.5.
- *Modelo de adaptación.* Las medidas para este modelo se toman del modelo AHS de Brusilovsky (1996, 2001, 2004, 2006). relacionado en la sección 2.2.4. Este modelo no se considera como una dimensión independiente de las demás, sino que se incluyen sus medidas como medidas particulares de las dimensiones de presentación, contenido y navegación.

Como ya se anotó anteriormente en la sección 3.1 las características de usabilidad en este enfoque representan medidas objetivas de bajo nivel, en el sentido que pueden ser modificadas por el diseñador de la GUI en forma consciente y directa. En la Tabla 5.2 se presenta el modelo integrado de usabilidad en el enfoque de sistemas Web. La definición de las medidas seleccionadas para este modelo se encuentran relacionadas y definidas para las dimensiones relacionadas en la siguiente forma: contenido en la tabla 2.3, presentación en la tabla 3.7, navegación en la tabla 2.5 y adaptación en la sección 2.2.4.

Tabla 5.3 Modelo teórico de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web

Característica de Usabilidad	Sub-característica de usabilidad	Medida
1. Contenido	1.1 Representacional	1.1.1 Consistencia
		1.1.2 Concisión
		1.1.3 Interpretable
		1.1.4 Actualizado
		1.1.5 Significativo
	1.2 Adaptabilidad	1.2.1 Adaptación a las necesidades del usuario

Tabla 5.4 Modelo teórico de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web (Continuación)

Característica de Usabilidad	Sub-característica de usabilidad	Medida
2. Presentación	2.1 Estética de la GUI	2.1.1 Uniformidad de color
		2.1.2 Uniformidad de distribución GUI
		2.1.3 Personalización de la apariencia de la GUI
	2.2 Reconocimiento adecuado	2.2.1 Legibilidad de la información
		2.2.2 Facilidad con que el usuario reconoce los componentes de la GUI y ve su interacción como natural.
	2.3. Operabilidad	2.3.1 Consistencia de enlaces y controles
		2.3.2 Compatibilidad con navegadores
		2.3.3. Establecimiento de valores por defecto de información en la GUI.
		2.3.4 Validación de datos en la GUI
		2.3.5 Privacidad de información
		2.3.6 Modificación posterior de datos ingresados
		2.3.7 Acciones de cancelar o deshacer
	2.4 Adaptabilidad	2.4.1 Adaptación a las necesidades del usuario
3. Navegación	3.1 Búsqueda interna	3.1.1 Disponibilidad de búsqueda interna
	3.2 Ubicación del usuario	3.2.1 Ubicación del usuario en el mapa de navegación
	3.3 Conectividad	3.3.1 La página de inicio muestra las opciones principales
		3.3.2 Ubicación de menús de navegación, en el panel izquierdo
		3.3.3 Enlaces significativos
		3.3.4 Enlaces rotos internos y externos
		3.3.5 Páginas huérfanas
		3.3.6 Acceso a página de inicio desde cualquier lugar en el WIS.
3.4 Adaptación	3.4.1 Procesamiento dinámico de vínculos.	

### 5.1.2 Planteamiento del modelo de medida e hipótesis

**5.1.2.1 Modelo de medida desde el enfoque de proceso de uso.** A partir del modelo teórico de usabilidad mostrado en la Tabla 5.1 se plantea su correspondiente modelo de medida que será usado en lo sucesivo en esta investigación y que se muestra en la Tabla 5.3. En este modelo de medida se omitieron las sub-características identificadas en el modelo teórico, las cuales fueron usadas únicamente con el fin de asegurar que las medidas del modelo obtenido fueran representativas de los atributos identificados para cada característica de usabilidad. El modelo de medida de usabilidad en este enfoque se compone de cuatro factores: efectividad, eficiencia, satisfacción y aprendizaje como se muestra en la Tabla 5.3 y en la Figura 5.2. Cada factor a su vez se compone de variables observables que lo definen.

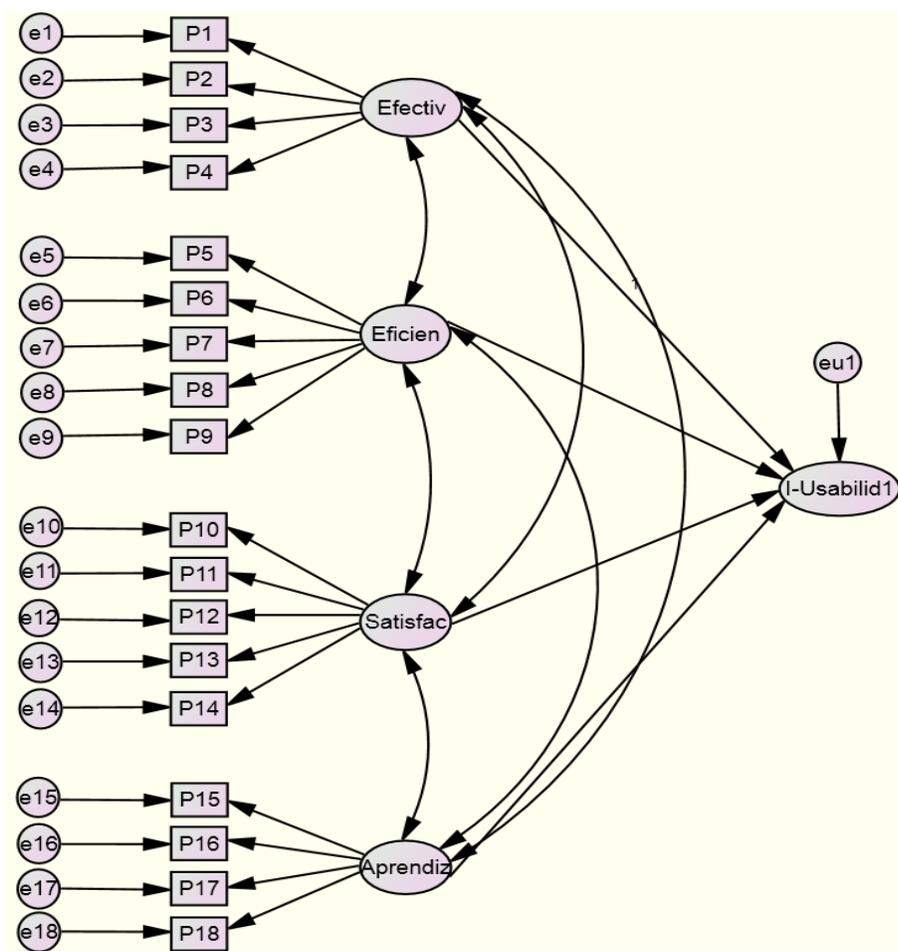
Tabla 5.5 Descripción del modelo de medida de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso

Índice de usabilidad	Factor	Variable observada	Indicador
I-Usabilid1	Efectividad en uso (Efectiv)	No requerir ayuda en línea	P1
		Completos de la ayuda en línea	P2
		Completos de la tarea	P3
		Precisión en el desarrollo de tareas	P4
	Eficiencia en uso (Eficien)	Terminación de tareas en tiempo aceptable	P5
		Realización rápida e intuitiva de tareas	P6
		Funcionamiento no afectado por aplicaciones externas	P7
		Adecuación al esfuerzo mental del usuario	P8
		Adaptación a limitaciones de usuario	P9
	Satisfacción (Satisfac)	Utilidad percibida	P10
		GUI atractiva	P11
		Calidad de resultados	P12
		Credibilidad de la información	P13
		Confianza	P14

Tabla 5.6 Descripción del modelo de medida de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso (Continuación).

Índice de usabilidad	Factor	Variable observada	Indicador
	Aprendizaje (Aprendiz)	Enlaces/controles significativos	P15
		Determinación de acciones relevantes	P16
		Realimentación inmediata	P17
		Utilidad de los mensajes	P18

Figura 5.2 Modelo SEM propuesto para la evaluación de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso



Fuente. Elaboración propia con AMOS 18.0.0

En el modelo de medida se observa que el factor efectividad se encuentra conformado por las variables observadas: necesidad de ayuda en línea, lo completo de la ayuda en línea, lo completo de la tarea y grado de precisión de la tarea. En el modelo de medida propuesto, cada variable observada  $i$  será medida mediante respuestas a una pregunta  $P_i$  en un cuestionario, por lo cual tendrá asociada una variable de error  $e_i$ . Adicionalmente, desde el punto de vista estructural se considera un *índice de usabilidad* I-Usabilid1 el cual se calcula por medio de sus características asociadas. El modelo de medida especificado en la Figura 5.2, describe en forma gráfica formal las hipótesis que explican el comportamiento de las variables observadas. A continuación se describen las hipótesis respectivas del modelo de medida:

- Hipótesis correspondientes al factor *Efectividad en uso*:

H1: El no requerir ayuda en línea (P1) tiene un efecto positivo hacia la Efectividad.  
 H2: La completitud de la ayuda en línea (P2) tiene un efecto positivo hacia la Efectividad.  
 H3: Completar las tareas (P3) tienen un efecto positivo hacia la Efectividad.  
 H4: La precisión en el desarrollo de tareas (P4) tiene un efecto positivo hacia la Efectividad.

- Hipótesis correspondientes al factor *Eficiencia en uso*:

H5: Terminar tareas en tiempo aceptable (P5) tiene efecto positivo hacia la Eficiencia.  
 H6: Realizar tareas en forma rápida e intuitiva (P6) tiene efecto positivo hacia la Eficiencia.  
 H7: El funcionamiento no afectado por aplicaciones externas (P7) tiene efecto positivo hacia la Eficiencia.  
 H8: La adecuación al esfuerzo mental del usuario (P8) tiene efecto positivo hacia la Eficiencia.  
 H9: La adaptación a limitaciones de usuario (P9) tiene efecto positivo hacia la Eficiencia.

- Hipótesis correspondientes al factor *Satisfacción de usuario*:

H10: La utilidad percibida (P10) tiene efecto positivo hacia la Satisfacción de usuario.  
 H11: Una GUI atractiva (P11) tiene efecto positivo hacia la Satisfacción de usuario.  
 H12: La calidad de resultados (P12) tiene efecto positivo hacia la Satisfacción de usuario.  
 H13: La credibilidad de la información (P13) tiene efecto positivo hacia la Satisfacción de usuario.  
 H14: La confianza (P14) tiene efecto positivo hacia la Satisfacción de usuario.

- Hipótesis correspondientes al factor *Aprendizaje*:

H15: Los enlaces/controles significativos (P15) tiene efecto positivo hacia el Aprendizaje.

H16: La determinación de acciones relevantes (P17) tiene efecto positivo hacia el Aprendizaje.

H17: La realimentación inmediata (P17) tiene efecto positivo hacia el Aprendizaje.

H18: La utilidad de los mensajes (P18) tiene efecto positivo hacia el Aprendizaje.

Con respecto al modelo estructural (Figura 5.2), este también describe en forma gráfica formal las hipótesis que explican el comportamiento de la variable latente I-Usabil1 con las variables también latentes efectividad (Efectiv), eficiencia (Eficien), satisfacción (Satisfac) y aprendizaje (Aprendiz). A continuación se describen las hipótesis respectivas del modelo estructural:

HU11: La efectividad tiene un efecto positivo hacia la usabilidad (índice I-Usabil-1)

HU12: La eficiencia tiene un efecto positivo hacia la usabilidad (índice I-Usabil-1)

HU13: La satisfacción de usuario tiene un efecto positivo hacia la usabilidad (índice I-Usabil-1)

HU14: El aprendizaje tiene un efecto positivo hacia la usabilidad (índice I-Usabil-1)

**5.1.2.2 Modelo de medida desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.** A partir del modelo teórico de usabilidad en este enfoque y mostrado en la Tabla 5.2 se plantea su correspondiente modelo de medida que será usado en lo sucesivo en esta investigación y que se muestra en la Tabla 5.4.

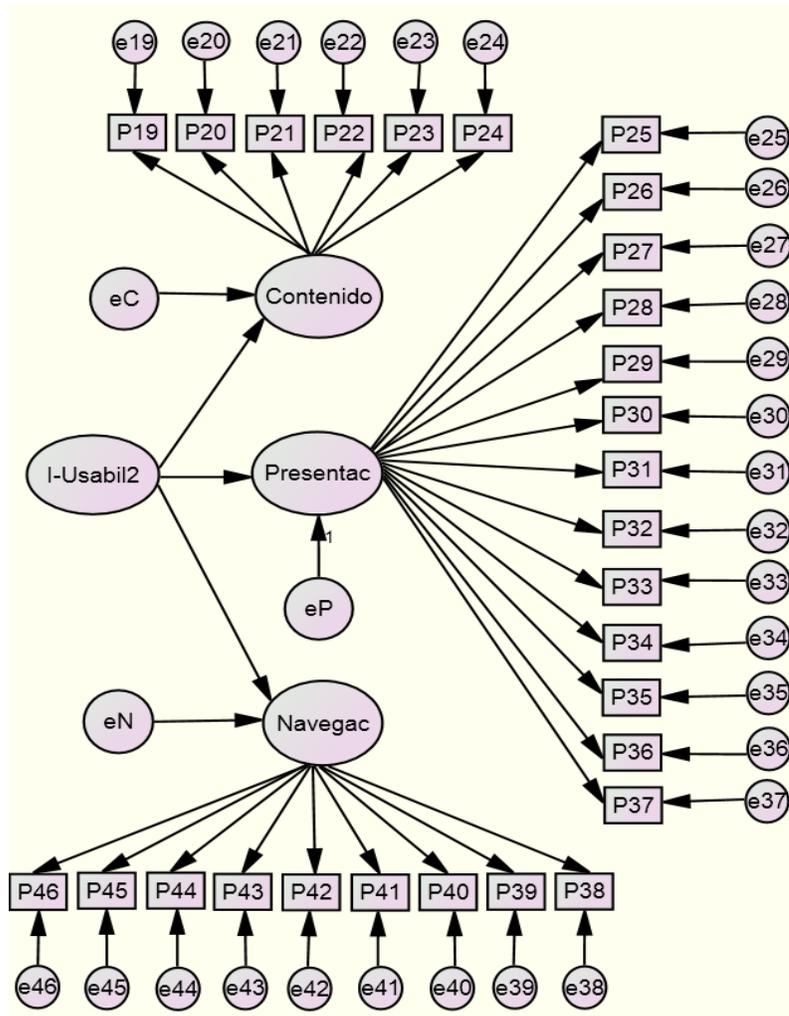
Al igual que en el modelo de medida de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso relacionado en la sección 5.2.1 y con la misma motivación, se omiten las sub-características identificadas en el modelo teórico obtenido.

El modelo de medida de usabilidad en este enfoque se compone de tres factores: contenido, presentación y navegación, como se muestra en la Tabla 5.4 y en la Figura 5.3, y cada factor a su vez se compone de variables que lo definen.

Tabla 5.7 Descripción del modelo de medida de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web

Índice de usabilidad	Factor	Variable observada	Indicador
I-Usabilid2	Contenido	Consistencia	P19
		Concisión	P20
		Interpretable	P21
		Actualizado	P22
		Significativo	P23
		Adaptación a las necesidades del usuario	P24
	Presentación	Uniformidad de color	P25
		Uniformidad de distribución GUI	P26
		Consistencia de enlaces y controles	P27
		Compatibilidad con navegadores	P28
		Legibilidad de la información	P29
		Establecimiento de valores por defecto en la GUI	P30
		Validación de datos en la GUI	P31
		Privacidad de información	P32
		Modificación posterior de datos ingresados	P33
		Facilidad de reconocimiento de componentes de la GUI	P34
		Personalización de la apariencia de la GUI	P35
		Acciones de cancelar o deshacer	P36
		Adaptación a las necesidades del usuario	P37
	Navegación	Disponibilidad de búsqueda interna	P38
		Ubicación del usuario en el mapa de navegación	P39
		La página de inicio muestra las opciones principales	P40
		Ubicación de menús primarios de navegación, en el panel izquierdo	P41
		Enlaces significativos	P42
Enlaces rotos internos y externos		P43	
Páginas huérfanas		P44	
Acceso a página de inicio desde cualquier lugar en el WIS.		P45	
Procesamiento dinámico de vínculos.		P46	

Figura 5.3 Modelo SEM propuesto para la evaluación de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web



Fuente: Elaboración propia con AMOS 18.0.0.

En el modelo de medida para este enfoque se observa que el factor contenido se encuentra conformado por las variables observadas: consistencia, concisión, interpretable, actualizado, significativo y adaptación a las necesidades del usuario. Al igual que se describe en la sección 5.2.1 con respecto al modelo de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso, en el modelo de medida propuesto en el presente enfoque, cada variable observada  $j$  será medida mediante la respuesta a una pregunta  $P_j$  en un cuestionario, por lo cual tendrá asociada una variable de error  $e_j$ . Adicionalmente, desde el punto de vista estructural se considera un índice de usabilidad I-Usabilid2 el cual se calcula por medio de sus características asociadas.

Como se observa el modelo especificado en la Figura 5.3, describe en forma gráfica formal las hipótesis que explican el comportamiento de las variables observadas. A continuación se describen las hipótesis respectivas de este modelo:

- Hipótesis correspondientes al factor *Contenido*:

H19: La información consistente (P19) tiene un efecto positivo hacia el Contenido.  
 H20: La información concisa (P20) tiene un efecto positivo hacia el Contenido.  
 H21: La información interpretable (P21) tiene un efecto positivo hacia el Contenido.  
 H22: La información actualizada (P22) tiene un efecto positivo hacia el Contenido.  
 H23: La información significativa (P23) tiene un efecto positivo hacia el Contenido.  
 H24: La información adaptable a las necesidades particulares del usuario (P24) tiene un efecto positivo hacia el Contenido.

- Hipótesis correspondientes al factor *Presentación*:

H25: La uniformidad del color (P25) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H26: La uniformidad de distribución en la GUI (P26) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H27: La consistencia de enlaces y controles (P27) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H28: La compatibilidad con navegadores (P28) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H29: La legibilidad de la información (P29) ) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H30: El establecimiento de valores por defecto (P30) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H31: La validación de datos en la GUI (P31) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H32: La privacidad de la información (P32) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H33: La posibilidad de modificación de los datos ingresados (P33) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H34: La facilidad de reconocimiento de componentes de la GUI (P34) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H35: La personalización de la apariencia de la GUI (P35) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H36: Las acciones de cancelar o deshacer (P36) tienen un efecto positivo hacia la Presentación.  
 H37: La adaptación de la GUI a las necesidades del usuario (P37) tiene un efecto positivo hacia la Presentación.

- Hipótesis correspondientes al factor *Navegación*:

H38: La disponibilidad de búsqueda interna (P38) tiene un efecto positivo hacia la Navegación.  
H39: La ubicación del usuario en el mapa de navegación (P39) tiene un efecto positivo hacia la Navegación.  
H40: La página de inicio muestra las opciones principales (P40) tiene un efecto positivo hacia la Navegación.  
H41: La ubicación de los menús primarios en el panel izquierdo (P41) tiene un efecto positivo hacia la Navegación.  
H42: Los enlaces significativos (P42) tienen un efecto positivo hacia la Navegación.  
H43: La ausencia de enlaces rotos internos y externos (P43) tiene un efecto positivo hacia la Navegación.  
H44: La ausencia de páginas huérfanas (P44) tiene un efecto positivo hacia la Navegación.  
H45: El acceso a la página de inicio desde cualquier lugar (P45) tiene un efecto positivo hacia la Navegación.  
H46: El procesamiento dinámico de vínculos (P46) tiene un efecto positivo hacia la Navegación.

Con respecto al modelo estructural (Figura 5.3), este también describe en forma gráfica formal las hipótesis que explican el comportamiento de la variable latente I-Usabili2 con las variables también latentes contenido (Contenido), presentación (Presentac) y navegación (Navegac). A continuación se describen las hipótesis respectivas del modelo estructural:

HU21: La usabilidad (índice I-Usabil-2) tiene un efecto positivo hacia el contenido.  
HU22: La usabilidad (índice I-Usabil-2) tiene un efecto positivo hacia la presentación.  
HU23: La usabilidad (índice I-Usabil-2) tiene un efecto positivo hacia la navegación.

### 5.1.3 Cuestionario para evaluación del modelo de usabilidad propuesto

Como se mencionó en la sección 5.1.2.1 para el modelo de medida propuesto, cada variable observada  $i$  será medida mediante respuestas a una pregunta  $P_i$  en un cuestionario como herramienta de recolección de datos de una muestra perteneciente a una población considerada. Luego, para el planteamiento de este cuestionario dentro del contexto de la presente investigación, se debe considerar que la población se compone de estudiantes de

una entidad universitaria, y que por lo tanto es importante para efectos de la investigación incorporar a este instrumento la posibilidad de ingresar información demográfica.

Para el diseño de las preguntas  $P_i$  del cuestionario asociado al modelo de usabilidad, se plantea una escala de respuesta Likert-5 para obtener valores cuantitativos de medida para las variables observadas  $i$ . La metodología de construcción del cuestionario se basa en tomar la definición de cada variable observada del modelo, y redactarla en forma de pregunta. Esto permite verificar si las propiedades subyacentes de usabilidad que caracterizan a cada variable observada se encuentran implementadas en el WIS a evaluar.

**5.1.3.1 Cuestionario cualitativo de datos demográficos.** Los datos demográficos a recolectar se relacionan con variables que puedan afectar la capacidad de uso de WIS por parte del usuario tales como horas semanales de uso del computador, internet y del portal. Se considera adicionalmente la carrera que cursa el usuario para efectos de la investigación.

**5.1.3.2 Preguntas de medición de usabilidad para modelo en enfoque de proceso de uso.** Para consultar el proceso de definición de cada pregunta ver Tabla B.1. En la Tabla 5.5 se muestran las preguntas relacionadas con este modelo.

**5.1.3.3 Preguntas de medición de usabilidad para modelo en los enfoques de producto en uso y sistemas Web.** Para consultar el proceso de definición de cada pregunta ver las tablas B.2., B.3 y B4. En la Tabla 5.6 se muestran las preguntas relacionadas con este modelo.

En la Tabla 5.7 se muestra la distribución de preguntas resultante de la revisión bibliográfica. Como se observa, la cantidad de preguntas desde el enfoque de sistema Web es mayor que las preguntas orientadas a sistemas de información, dado que la presente investigación se orienta más hacia la parte Web de un WIS. En el esquema de sistema Web, la mayor cantidad de preguntas se orientan hacia el componente de presentación de un WIS, debido a que este implementa la GUI que es el elemento sobre el cual el usuario percibe la usabilidad en forma más directa cuando interactúa con el WIS.

Los porcentajes asignados para cada característica de usabilidad desde el enfoque de sistema WIS, son: Presentación (46.43%), navegación (32.14%) y contenido (21.43%). Estos porcentajes difieren ligeramente de los planteados por Calero (2005), quien en su modelo de calidad Web (Web Quality Model, WQM) plantea: Presentación (43.9%), contenido (35.8% y navegación (20.3%).

Tabla 5.8 Preguntas de percepción de usabilidad en el enfoque de proceso de uso.

Nro. Pregunta	Descripción pregunta
<i>Dimensión de Efectividad en uso</i>	
P1	¿Se pueden desarrollar las tareas sin necesidad de ayuda en línea?
P2	¿Cuándo se requiere, la ayuda en línea cubre todos los problemas que se pueden tener durante la Interacción?
P3	¿Las tareas desarrolladas siempre se completan satisfactoriamente?
P4	¿Las tareas se ejecutan correctamente siguiendo los procedimientos establecidos?
<i>Dimensión de Eficiencia en uso</i>	
P5	¿Las tareas se realizan correctamente en un tiempo aceptable?
P6	¿Las tareas se realizan de manera rápida e intuitiva?
P7	¿El funcionamiento del portal es eficiente debido a que no se afecta por aplicaciones externas?
P8	¿El desempeño del portal es adecuado al esfuerzo mental invertido para desarrollar las tareas?
P9	¿El portal se adapta a limitaciones del usuario tales como el contexto cultural?
<i>Dimensión de Satisfacción de usuario</i>	
P10	¿El portal responde a las necesidades que llevaron a su uso, es decir es útil?
P11	¿La interface gráfica es atractiva?
P12	¿Los resultados obtenidos después de la interacción son deseables?
P13	¿La información se percibe como verdadera y probada?
P14	¿El portal produce confianza debido a que no se presentan errores?
<i>Dimensión de Aprendizaje</i>	
P15	¿Es posible predecir acciones de acuerdo al nombre de vínculos y controles?
P16	¿Es fácil reconocer clara y rápidamente en la interfaz las acciones más relevantes del portal?
P17	Los elementos de la interfaz proporcionan información sobre el estado actual de las transacciones?
P18	¿Los mensajes son útiles y significativos para interactuar correctamente (error, asesoría y mensajes de advertencia)?

Tabla 5.9 Preguntas de percepción de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.

Nro. Pregunta	Descripción pregunta
<i>Dimensión Contenido</i>	
P19	¿La definición, formato y valor de los datos se presenta de la misma forma en las diferentes páginas?
P20	¿Los datos se presentan en forma breve y específica?
P21	¿Los datos se pueden interpretar correctamente en el contexto de las necesidades del usuario?
P22	¿La información que se presenta se encuentra actualizada?
P23	¿La información que se presenta es importante y significativa de acuerdo a las necesidades del usuario?
P24	¿La información presentada se adapta a las necesidades particulares del usuario?
<i>Dimensión Presentación</i>	
P25	¿El color utilizado en cada elemento de lka interfaz de usuario es siempre el mismo?
P26	¿Las secciones en que la interfaz se divide son las mismas en todo el portal?
P27	¿Los enlaces y controles tienen siempre el mismo comportamiento?
P28	¿El portal se ejecuta en los navegadores más comunes, sin alterar su comportamiento y apariencia?
P29	¿La información puede ser leída fácilmente de acuerdo de acuerdo a su tamaño y contraste entre el olor del texto y el color del fondo?
P30	¿Para el ingreso de información, los atributos que lo requieren muestran valor por defecto?
P31	¿Los datos ingresados son validados en la interfaz?
P32	¿La información se presenta de acuerdo a la privacidad del usuario?
P33	¿El contenido insertado por el usuario puede ser modificado con posterioridad?
P34	¿Las etiquetas de los campos de datos muestran nombres obvios y significativos?
P35	¿Se puede personalizar la apariencia de la interfaz de usuario (color, estilos, temas)?
P36	¿Las acciones pueden ser canceladas o desechas sin perjudicar la operación normal en el desarrollo de tareas?
P37	¿La presentación de la información se adapta a los conocimientos actuales, objetivos y otras características del usuario que la visita?
<i>Dimensión Navegación</i>	
P38	¿Todas las páginas proporcionan función de búsqueda para acceder a los contenidos sin tener que navegar?

Tabla 5.10 Preguntas de percepción de usabilidad desde los enfoques de producto en uso y sistema Web (Continuación).

Nro. Pregunta	Descripción pregunta
P39	¿El portal muestra la ubicación del usuario en el mapa de navegación?
P40	¿La página de inicio muestra las opciones principales del portal mediante vínculos apropiados?
P41	¿La ubicación de los menús primarios de navegación se encuentran en el panel izquierdo?
P42	¿El texto de las etiquetas de enlaces es obvio, significativo, comprensible y fácilmente diferenciable?
P43	¿La navegación es consistente debido a que nunca se presentan enlaces rotos internos y externos en el portal?
P44	¿La navegación es consistente debido a que nunca se presentan páginas huérfanas (sin retorno a las páginas que las vinculan) en este portal?
P45	¿Se tiene acceso a la página de inicio desde cualquier lugar del portal?
P46	¿Los enlaces en cada página navegada alteran su apariencia, en relación al uso, objetivos, conocimientos y preferencias?

Tabla 5.11 Distribución de preguntas asociadas a dimensiones de usabilidad.

Enfoque de usabilidad	Dimensiones	Nro preguntas	Porcentaje	Total preguntas
Proceso de uso (Sistema de información)	Efectividad en uso	4	22.22%	18
	Eficiencia en uso	5	27.78%	
	Satisfacción de usuario	5	27.78%	
	Aprendizaje	4	22.22%	
Producto en uso y Sistema Web	Contenido	6	21.43%	28
	Presentación	13	46.43%	
	Navegación	9	32.14%	
				46

Una vez desarrolla la fase SEM de especificación del modelo mediante el “path diagram” en el presente capítulo, a continuación se relacionan brevemente las fases de modelado SEM restantes que se requiere desarrollar posteriormente para identificar, estimar y evaluar el ajuste y si es necesario re-especificar los sub-modelos planteados en función de los datos obtenidos al aplicar la encuesta relacionada (Schumacker & Lomax, 2004; Kline (2005).

## 5.2 Identificación del modelo.

El objetivo esta fase es la verificación de que los sub-modelos de medida y estructural de cada modelo teórico, pueden ser expresadas en función de la información contenida en la matriz de varianzas-covarianzas de las variables observadas en la muestra de datos (Schumacker & Lomax, 2004).

Una condición necesaria para que el modelo esté identificado, es que el número de varianzas y covarianzas muestrales sea superior al número de parámetros a estimar, siendo la diferencia entre estos el número de grados de libertad del modelo, el cual debe ser positivo (Panchón, 2004).

Para realizar la identificación del modelo se debe considerar la condición necesaria  $t \leq s(s+1)/2$ , donde  $t$  representa al total de parámetros a ser estudiados en el modelo y  $s$  el número total de variables observadas en la matriz de varianzas y covarianzas de la muestra (Schumacker & Lomax, 2004), tal que: Si se tiene la igualdad, se dice que el modelo está identificado; si  $t$  es estrictamente menor, se dice que el modelo esta sobre-identificado (modelo identificado); y si  $t$  es mayor, entonces el modelo está sub-identificado (modelo no identificado).

## 5.3 Estimación de parámetros del modelo.

El objetivo esta sección es desarrollar la fase de estimación<sup>1</sup>de parámetros del modelo<sup>2</sup> de tal forma que puedan reproducir la matriz de varianzas y covarianzas de la muestra de los datos empíricos (Schumacker & Lomax, 2004), como una condición necesaria para la aceptación posterior del modelo planteado.

## 5.4 Evaluación del ajuste del modelo.

El objetivo de sección es desarrollar la fase de evaluación de la bondad del ajuste del modelo estimado para predecir la matriz de varianzas y covarianzas de los datos empíricos, es decir, de su capacidad para explicar la realidad observada (Martínez et al. 2003), y en esta forma diagnosticar si el modelo es correcto y útil para nuestros objetivos. Los criterios de aceptabilidad de índices de bondad de ajuste más utilizados en la literatura se muestran en la Tabla 5.8.

---

<sup>1</sup> Una estimación estadística es un proceso mediante el cual establecemos qué valor debe tener un parámetro según deducciones que realizamos a partir de estadísticos. En otras palabras, estimar es establecer conclusiones sobre características poblacionales a partir de resultados muestrales, y una estimación puntual consiste en establecer un valor concreto (es decir, un punto) para un parámetro.

<sup>2</sup>Es requisito que el modelo debe estar correctamente formulado e identificado.

### 5.5 Re-especificación del modelo.

El objetivo de sección es desarrollar la fase de re-especificación de modelo, el cual se obtiene mediante modificaciones sucesivas del modelo inicial en referencia, buscando que el modelo resultante ajuste a los datos obtenidos en la encuesta.

Tabla 5.12 Criterios de aceptabilidad de índices de bondad de ajuste.

Medida de ajuste	“Buen ajuste”	“Ajuste aceptable”	Fuente
<i>Medidas de ajuste absoluto</i>			
$\chi^2$	$0 \leq \chi^2 \leq 2df$	$2df < \chi^2 \leq 3df$	Martínez et al. 2003; Schumacker & Lomax, 2004; Raykov & Marcoulides, 2012.
GFI	$0.95 \leq GFI \leq 1.0$	$0.90 \leq GFI \leq 0.95$	Martínez et al. 2003; Schumacker & Lomax, 2004; Sivo, et al. 2006; Raykov & Marcoulides, 2012.
RMSEA	$0 \leq RMSEA \leq 0.05$	$0.05 \leq RMSEA \leq 0.08$	Martínez et al. 2003; Schumacker & Lomax, 2004; Sivo, et al. 2006; Raykov & Marcoulides, 2012.
<i>Medidas incrementales de ajuste</i>			
IFI	$IFI > 0.95$		Bentler, 1990.
CFI	$0.97 \leq CFI \leq 1.0$	$0.95 \leq CFI \leq 0.97$	Bentler, 1990; Sivo, et al. 2006; Schumacker & Lomax, 2004.
NFI	$0,95 \leq NFI \leq 1,00$	$0,90 \leq NFI < 0,95$	Bentler, 1990.
<i>Medidas de parsimonia del modelo</i>			
$\chi^2/df$ (Normada)	$0 \leq \chi^2/df \leq 2$	$2 < \chi^2/df \leq 3$	Martínez et al. 2003; Schumacker & Lomax, 2004; Raykov & Marcoulides, 2012.
AGFI	$0.90 \leq AGFI \leq 1.0$	$0.85 \leq AGFI \leq 0.90$	Martínez et al. 2003; Schumacker & Lomax, 2004; Sivo, et al. 2006; Raykov & Marcoulides, 2012.

### 5.6 Conclusiones.

Una vez planteados los sub-modelos SEM de usabilidad, diseñado el cuestionario de la encuesta de percepción de usabilidad y descritas las fases del modelado SEM para la evaluación del ajuste del modelo a los datos de una encuesta, se concluye que:

- El primer sub-modelo SEM planteado incorpora las dimensiones y medidas identificadas desde el enfoque de usabilidad como proceso de uso, constituyéndose así en el componente de Sistema de Información según el concepto de Dennis (1998) que caracteriza un WIS.
- El segundo sub-modelo SEM planteado incorpora las dimensiones y medidas identificadas desde el enfoque de usabilidad como producto en uso, junto con las dimensiones y medidas de calidad identificadas para los módulos de la arquitectura de un WIS, constituyéndose así en el componente de Sistema Web según el concepto de Dennis (1998) que caracteriza a un WIS.
- Luego, según las anteriores conclusiones, los sub-modelos de evaluación de usabilidad planteados en la presente investigación consideran en conjunto las dimensiones que caracterizan a un WIS.
- El diseño del cuestionario de la encuesta de percepción de usabilidad se derivó de los sub-modelos de usabilidad SEM planteados, redactando en forma de pregunta al usuario el grado en que percibe la ocurrencia de las propiedades que caracterizan a cada una de las variables observadas, al interactuar con un WIS en operación. Esto asegura que el instrumento de recolección de datos se encuentra completamente definido sobre las propiedades de usabilidad de un WIS identificadas en las sucesivas revisiones bibliográficas desarrolladas en la presente investigación.
- Las fases de modelado SEM descritas al final del presente capítulo, orientan el desarrollo posterior de las fases requeridas para la evaluación del ajuste de los sub-modelos a datos recolectados mediante la aplicación de la encuesta de percepción de usabilidad diseñada, a una población representativa de usuarios de un WIS en operación.

### Metodología de evaluación de usabilidad para WIS

En este capítulo se presenta el desarrollo de la metodología de evaluación de usabilidad para WIS propuesta en la presente investigación, considerando como elemento fundamental el instrumento de evaluación de usabilidad desarrollado en la sección 5.1.3 del capítulo anterior. Este capítulo se estructura como se muestra a continuación:

En la sección 6.1 se presenta el planteamiento de la metodología, donde se establecen los objetivos, elementos de valoración y fuentes de medidas, contrastados, verificados y justificados por las conclusiones obtenidas tras el análisis del estado del arte.

En la sección 6.2 presenta el diseño de la metodología, considerando en esta actividad a los instrumentos de recolección de datos y sus reportes asociados, así como a la secuencia de pasos que la constituyen basados en las propuestas de Anandhan *et al.* (2006) y Yusuf *et al.* (2014).

En la sección 6.3 presenta la implementación de la metodología, mediante su aplicación a la evaluación del portal Web de la Universidad Central.

En la sección 6.4 presenta la validación de la metodología propuesta mediante el desarrollo de un estudio de caso, comparándola con la evaluación heurística (HE) de Nielsen (1994).

#### 6.1 Planteamiento de la metodología

**6.1.1 Objetivo de la metodología.** El objetivo principal de la metodología propuesta es la evaluación cuantitativa y cualitativa de la percepción de usabilidad de un WIS en producción en una entidad universitaria por parte de usuarios reales, usando UEMs empíricos y de indagación. El tipo de WIS seleccionado para desarrollar la presente metodología es un portal Web universitario.

**6.1.2 Elementos de valoración de la metodología.** Estos elementos se determinan a partir de las características de los tipos de UEM empíricos y de indagación que serán adoptados

en la metodología, así como de sus técnicas relacionadas, según la SLR realizada en el capítulo 4. A continuación se describe esta selección.

El tipo de UEM empírico más ampliamente utilizado es la Evaluación de Desempeño (Ver sección 4.3.3), el cual se adopta para la metodología a proponer. Las características de este tipo de UEM son (Nielsen, 1999; Brinck *et al.*, 2001; Anandhan & Namasivayam, 2006; Alroobaea & Mayhew, 2014): Los participantes realizan tareas predefinidas en el WIS a evaluar, sin información ni ayuda, y uno o más observadores registran su comportamiento. Una de las técnicas más ampliamente usadas en este tipo de UEM es el Test de Usuario (Ver sección 4.3.4.2), la cual se adopta para la metodología a proponer.

Con respecto al UEM de indagación (Ver sección 4.3.3), el más ampliamente utilizado es la Indagación Individual, el cual se adopta para la metodología a proponer. Este UEM se caracteriza porque se le plantean preguntas a usuarios reales individuales sobre las características de usabilidad del software a evaluar. Las técnicas más ampliamente usadas en este tipo de UEM son el cuestionario y la encuesta (Ver sección 4.3.4.1), que permiten obtener datos cualitativos y cuantitativos de los usuarios. Estas dos técnicas se adoptan para la metodología a proponer.

Las características de los tipos de UEMs empíricos y de indagación seleccionados, así como de sus técnicas asociadas se muestra en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 Características asociadas de UEMs y técnicas asociadas adoptadas.

Clase de UEM	Tipo UEM seleccionado	Técnica seleccionada	Característica <sup>(1)</sup>
Empírico	Evaluación de desempeño	Test de usuario	El usuario desarrolla tareas.
De Indagación	Indagación individual	Cuestionario	Asociado a la <i>percepción particular</i> del usuario en el desarrollo de tareas específicas en un "test de usuario". Tipos: Pre-test, post-test.
		Encuesta	Asociada a la <i>percepción general</i> del usuario sin estar asociada al desarrollo de tareas específicas en un "test de usuario".

<sup>(1)</sup> Interpretación de característica (o acepción de término) usada en la presente investigación.

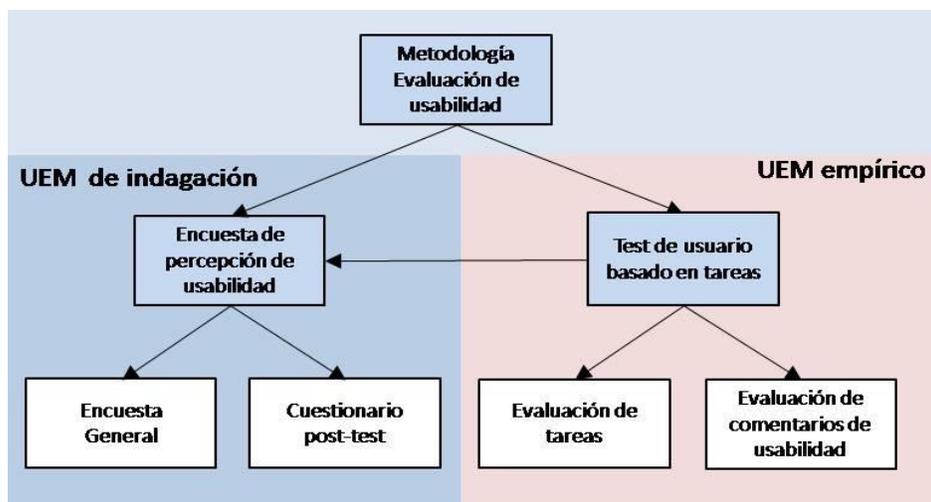
En general, una vez seleccionados los tipos de UEM y técnicas aplicar, los elementos de valoración se relacionan con tareas a desarrollar en el WIS a evaluar, así como su evaluación y los comentarios de usabilidad asociados, consideraciones de tipo y cantidad de usuarios a seleccionar. Adicionalmente se deben considerar encuestas y cuestionarios

como instrumentos de recolección de datos relacionados con la percepción de usabilidad del usuario, como se muestra en la Figura 1.1. A continuación se plantean los elementos de valoración que deben ser considerados para el diseño de la metodología.

**6.1.2.1 Tareas.** Los tipos de tarea más frecuentemente asignadas a los usuarios en el test de usuario son: Búsqueda de información, navegación y una combinación de éstas, como se relaciona en la sección 4.3.4.2.2. La tarea de búsqueda de información se adopta para la metodología a proponer, debido a que es el tipo de tarea más ampliamente utilizada.

**6.1.2.2 Perfil de usuario.** De los posibles tipos de usuario asociados a un portal universitario, se selecciona únicamente a la población de estudiantes activos. Esta selección se hace en consideración al factor de uso continuado del WIS por parte de estos estudiantes, así como a su disponibilidad para participar en encuestas y pruebas de usabilidad empíricas basadas en tareas, a desarrollar en las salas de cómputo de la institución. Con respecto tipo de usuario a participar el test de usuario, en la sección 4.3.4.2.1 se relaciona que en este tipo de UEM se presentan dos tendencias de selección que se consideran determinantes en la evaluación de usabilidad de un WIS: novatos o expertos. Por lo tanto, en la presente investigación el perfil de usuario adoptado por la metodología a proponer se basa en estudiante activo, considerando simultáneamente las tendencias de selección de usuario experto y novato.

Figura 6.1 Metodología propuesta para evaluación de usabilidad.



Fuente: Elaboración propia

**6.1.2.3 Tamaño de la muestra de usuarios.** Como se observa en la Figura 1.1, en la metodología propuesta se consideran dos modalidades de uso en la medición de percepción de usabilidad: como encuesta y como cuestionario. Como encuesta, la cantidad de usuarios se calcula con la fórmula de identificación del modelo que subyace al instrumento y que se relaciona con la cantidad de preguntas asociadas. Para el sub-cuestionario asociado al enfoque de usabilidad como proceso en uso se consideran 171 usuarios, y para el sub-cuestionario asociado al enfoque de usabilidad como producto en uso y sistema Web se consideran 406 usuarios, según la fórmula de  $t = s(s+1)/2$ , siendo  $s$  la cantidad de preguntas y  $t$  la cantidad de encuestas.

Con respecto a la cantidad de usuarios a considerar en el test de usuario, Nielsen (2012) plantea que con 5 usuarios se puede hallar el 80% de los problemas de usabilidad en cualquier sitio Web y Faulkner (2003) afirma que con 15 usuarios se detecta el 90% de problemas de usabilidad. Alroobaea & Mayhew (2014) después de un análisis estadístico basado en experimentos plantean la regla de  $16\pm 4$  usuarios, con la cual afirman que se pueden hallar el 90% de problemas de usabilidad. En la presente investigación, para el cálculo del número de usuarios requeridos para efectuar test de usuario se adopta el criterio de  $16\pm 4$  de Alroobaea & Mayhew (2014).

**6.1.2.4 Herramientas de recolección de información.** A continuación se hace una relación de los cuestionarios a considerar como instrumentos de recolección de información en la metodología a proponer (Ver sección 4.3.4.1.1):

- Un cuestionario cualitativo pre-test de datos demográficos.
- Un cuestionario cuantitativo en escala Likert-5 de evaluación de percepción de usabilidad asociado al modelo de usabilidad propuesto, para usar en la encuesta de percepción de usabilidad, y como cuestionario post-test.
- Un cuestionario cualitativo para que el observador identifique cada tarea desarrollada, sus medidas de eficiencia, tales como número de clics y tiempo gastado en la tarea, éxito de la tarea y evaluación en escala 1 a 5 reportada por el sujeto de prueba al terminar el desarrollo de la tarea. Adicionalmente en este cuestionario se pueden registrar los comentarios con respecto a la usabilidad percibida reportados por el sujeto de prueba

**6.1.2.5 Técnicas de análisis de datos.** Con respecto a la encuesta de percepción de usabilidad que se muestra en la Figura 1.1, la técnica de procesamiento de datos de ajuste al modelo de usabilidad que subyace seleccionada es SEM. Con respecto la evaluación de las

encuestas y cuestionarios desde la perspectiva de los usuarios, la distribución de técnicas de recolección de datos reportadas por los investigadores y relacionadas en la sección 4.3.4.2.2 muestra que la técnica dominante en el test de usuario en particular, así como en los UEMs empíricos en general es el cálculo de medias, técnica que se adopta en la metodología a proponer.

**6.1.3 Medidas.** Se deben relacionar dimensiones y medidas de percepción de usabilidad, integrándolas desde las perspectivas planteadas en los modelos de evaluación de usabilidad de un WIS, estudiados en el estado del arte:

- Como Sistema Web, el cual da lugar al planteamiento de un modelo derivado desde el enfoque MDA descrito en el capítulo 2.
- Como Sistema de Información, el cual da lugar al planteamiento del un modelo derivado desde los enfoques de usabilidad de *proceso de uso* y *producto en uso*, descritos en el capítulo 3.

**6.1.4 Fases y secuencia de pasos de la metodología.** Con respecto a la metodología a seguir con UEMs empíricos y de indagación, según la revisión sistemática de literatura, en la sección 4.3.4.2.2 se relaciona que únicamente el 11.12% de los trabajos revisados para este tipo de UEM reporta el uso de una metodología. Luego, para el diseño de la metodología se abordarán las fases y secuencia de pasos propuestos por la metodología CARE de Anandhan *et al.* (2006) y Yusuf *et al.* (2014), y se integrarán para de esta forma plantear una nueva metodología.

## **6.2 Diseño de la metodología.**

Siguiendo los lineamientos planteados en la sección anterior, a continuación se efectúa el diseño de la metodología propuesta. Inicialmente se diseñan los instrumentos cualitativos de recolección de datos y los reportes asociados, por cada elemento de valoración considerado. Por último se diseña la secuencia de actividades a seguir en la metodología propuesta.

**6.2.1 Usuarios.** Con respecto a los usuarios se considera el cuestionario pre-test de datos demográficos y el reporte de frecuencia de información asociado.

**6.2.1.1 Cuestionario pre-test de datos demográficos.** Los usuarios estudiantes a considerar en el test se asume que tienen la siguiente información asociada, la cual puede ser utilizada para efectuar análisis demográfico: Programa de estudios al cual pertenecen,

sexo, edad, horas semanales de uso del computador, horas semanales de uso de internet y meses de uso del portal Web de la universidad. Con esta información se desarrolla el cuestionario demográfico pre-test que se muestra en la parte superior de la encuesta mostrada en la Tabla B.5.

**6.2.1.2 Reporte de frecuencia de información demográfica.** Con los datos recogidos en el cuestionario de información demográfica se procesa su frecuencia y se genera el reporte que se muestra en la Figura C.1.

**6.2.2 Tareas.** Con respecto a las tareas a desarrollar por los usuarios, se considera el diseño de cuestionarios y los reportes asociados. Se consideran las fases de identificación de tareas, así como la fase de desarrollo de tareas, en la cual se registran comentarios de usabilidad por parte de los usuarios, así como por parte del observador.

**6.2.2.1 Cuestionario de selección de tareas.** Para identificar las tareas con las cuales se desarrollará el test, se pide a los usuarios, clasificados en expertos y novatos, seleccionar las tareas más frecuentemente desarrolladas en el WIS. Para este propósito se realiza un test de usuario donde los estudiantes deben desarrollar las tareas que proponen como las utilizadas con mayor frecuencia. El observador debe diligenciar el cuestionario mostrado en la Figura C.2 y reportar por cada tarea la siguiente información: nombre, cantidad de clics utilizados, tiempo en segundos de duración, éxito, comentarios de usabilidad sobre cada tarea y evaluación en escala de 1 a 5 que el estudiante le reporte de la tarea. Este cuestionario puede ser utilizado en forma simultánea por el estudiante mientras desarrolla el test de usuario.

**6.2.2.2 Reporte de frecuencia de tareas más utilizadas por los usuarios.** El procesamiento inicial de información se relaciona con la generación del reporte donde se procesa la frecuencia de los datos mencionados en la sección anterior, como se muestra en la Figura C.3.

**6.2.2.3 Reporte de clasificación de comentarios de usabilidad de los usuarios.** El procesamiento de la información cualitativa de los comentarios de los estudiantes, se resume por tipo de comentario, asociado a los números de cuestionarios donde se registró la información, agrupando la información por tarea y clasificándola por dimensiones de usabilidad independientes (Efectividad, eficiencia y aprendizaje), así como por dimensiones dependientes (Contenido, presentación y navegación). Adicionalmente se debe clasificar la información por tipo de usuario (experto o novato) y por el tipo de comentario (positivo o negativo), como se observa en la Figura C.4. De acuerdo a lo anterior, los comentarios de los usuarios deben ser codificados por tipo de comentario.

**6.2.2.4 Reporte de distribución de afectación de usabilidad.** Una vez clasificados los comentarios de usabilidad por tarea, se debe registrar su cantidad de ocurrencias y calcular su frecuencia, su distribución en la afectación de dimensiones independientes y dependientes de usabilidad. Adicionalmente por cada tipo de dimensión de usabilidad se debe calcular la frecuencia de afectación, y por último calcular la frecuencia de afectación total. Al finalizar los cálculos se debe totalizar las columnas, para mostrar la cantidad de comentarios procesados así como la frecuencia presentada por cada dimensión de usabilidad. Para el cálculo de la dimensión de satisfacción de usuario, se calcula de los comentarios reportados por cada tarea, cual fue la proporción de comentarios negativos. El diseño del reporte se muestra en la Figura C.5. Este reporte se puede generar por estudiantes novatos y por estudiantes expertos con fines de comparación.

**6.2.3 Medidas.** En esta sección se consideran las medidas cuantitativas de evaluación de usabilidad originadas por el registro de la cuantificación de percepción de usabilidad del usuario y registradas en el cuestionario de encuesta percepción de usabilidad diseñado y mostrado en la Tabla B.5. El diseño de cuestionarios y reportes asociados a las medidas cualitativas se abordó en la sección anterior desde el enfoque de comentarios de usabilidad relacionado con el desarrollo de tareas por parte del usuario. Una vez procesadas las encuestas de percepción de usabilidad se resumen los promedios por dimensiones y subcaracterísticas como se muestra en el reporte diseñado en la Figura C.6.

**6.2.4 Fases y secuencia de la metodología propuesta.** Las fases y actividades de la metodología propuesta se adoptan de las metodologías CARE de Anandhan *et al.* (2006) y de Yusuf *et al.* (2014). Estas metodologías se muestran en la Tabla 6.2 junto con la secuencia de fases y actividades de la metodología propuesta, los cuales se describen a continuación.

**6.2.4.1 Fase de pre-test.** El objetivo de esta fase es identificar el problema que origina la necesidad efectuar el proceso de identificación, clasificación y evaluación de usabilidad. Adicionalmente en esta fase se seleccionan y planifican los recursos disponibles por metodología propuesta para el proceso de evaluación. A continuación se describen las actividades que conforman esta fase.

- *Definición del problema.* Como se relacionó anteriormente, se debe identificar el problema que permita concluir que se requiere efectuar el proceso de identificación, clasificación y evaluación de usabilidad del WIS. Esta definición debe dejar claro si se requiere: (1) Identificar, clasificar y evaluar las causas y/o efectos de posibles problemas de usabilidad percibidos por de los usuarios. (2) Identificar, clasificar y evaluar problemas de usabilidad reportados en el desarrollo de tareas

realizadas por los usuarios. (3) Identificar, clasificar y evaluar problemas de usabilidad reportados como comentarios negativos por los usuarios en el desarrollo de sus tareas.

Tabla 6.2 Comparativo de metodología de evaluación propuesta con la metodología de Anandhan *et al.* (2006) y Yusuf *et al.* (2014).

Fases y actividades de la metodología de evaluación de usabilidad propuesta	Metodología CARE (Anandhan <i>et al.</i> , 2006)	Metodología propuesta por Yusuf <i>et al.</i> (2014)
<b>Fase pre-test:</b> Definición del problema. Aplicación de encuesta de percepción de usabilidad del WIS. Selección de enfoque de evaluación de test de usuario. Selección de usuarios y observadores. Programación de prueba.	Definición del problema  Preparación lista de tareas Selección de usuarios Programación de la prueba	<b>Fase de estudio preliminar:</b> Declaración del problema. Preguntas de investigación. Objetivos. Alcance y significado del estudio.
		<b>Fase pre-test:</b> Plan de pruebas Selección de participantes. Establecimiento de instalaciones
<b>Fase de test:</b> Presentación de objetivos del test y observadores. Selección de tareas a desarrollar. Test de tareas seleccionadas.	Realización de la prueba  Recolección de datos	<b>Fase de test:</b> Presentación de objetivos del test. Diligenciamiento cuestionario demográfico. Inicio de tareas en sala de cómputo. Registro del observador.
<b>Fase post-test:</b> Diligenciamiento y recolección de cuestionarios. Procesamiento de información cualitativa: tareas y comentarios. Procesamiento de información cuantitativa. Análisis de datos e identificación de problemas de usabilidad. Diagnóstico de problemas de usabilidad del WIS.	Análisis de resultados	<b>Fase post-test:</b> Reunión de datos demográficos. Diligenciamiento y recopilación de cuestionario cualitativo. Diligenciamiento y recopilación de cuestionario cuantitativo. Análisis de datos.
<b>Fase de Documentación.</b> Documentación y entrega de informe		<b>Fase de documentación.</b>

- *Aplicación de encuesta de percepción de usabilidad del WIS.* Una vez identificado el problema, la metodología propuesta permite mediante los dos sub-modelos de evaluación de usabilidad también propuestos, identificar, clasificar y cuantificar las causas y efectos de problemas de usabilidad percibidos por los usuarios mediante la encuesta de percepción de usabilidad que se muestra en la Figura B.1.
- *Selección del enfoque de evaluación para test de usuario basado en tareas.* Una vez decidido que se continuará hacia la fase de evaluación de usabilidad, se debe seleccionar el enfoque de evaluación según los recursos que ofrece la metodología propuesta: enfoque de evaluación de causas y/o enfoque de evaluación de efectos, de los problemas de usabilidad. Una vez seleccionado en enfoque se puede seleccionar si se desea identificar, clasificar y evaluar junto con las tareas, los comentarios específicos de usabilidad percibida reportados por los usuarios.
- *Selección de usuarios y observadores.* Se deben seleccionar usuarios representativos de la población que utiliza el WIS. Con respecto a los observadores, se recomienda un observador por sujeto de prueba que realiza las tareas.
- *Programación de la prueba.* Se deben programar sesiones informativas para sujetos de prueba y observadores, así como identificar y programar instalaciones y horarios de prueba.

**6.2.4.2 Fase de test.** El objetivo de esta fase es desarrollar las pruebas de usabilidad basadas en tareas de usuario en el WIS a evaluar según la programación realizada en la fase anterior. En esta fase interviene el sujeto de prueba, el observador que toma notas de los comentarios de usabilidad percibida reportadas por este y el investigador. Las tareas a desarrollar en el WIS son seleccionadas por el sujeto de prueba, quien al finalizarlas diligencia los formularios diseñados para el registro de información cualitativa y cuantitativa. A continuación se describen estas actividades como pasos que conforman esta fase.

- *Presentación de los objetivos del test.* Al inicio de la sesión de prueba se deben presentar nuevamente los objetivos del test de usuario a los sujetos de prueba y a los observadores, explicando el protocolo a seguir e informando el tiempo de duración de la prueba. Adicionalmente se deben entregar los cuestionarios que deben ser diligenciados durante la prueba a los observadores y a los sujetos de prueba.
- *Selección de tareas a desarrollar.* Para seleccionar una tarea a desarrollar en el WIS a evaluar, el sujeto de prueba debe informar al investigador cual tarea desea

ejecutar. El investigador debe verificar la cantidad de veces que la tarea informada se está ejecutando, para confirmar su desarrollo o para pedir su cambio. Se sugiere limitar la máxima cantidad de veces que se desarrolle simultáneamente un tarea por diversos sujetos de prueba, para establecer un límite para el cálculo de frecuencia.

*Test de tareas seleccionadas.* Una vez confirmado que se puede iniciar el desarrollo de la tarea propuesta, el observador debe registrar el nombre de la tarea en el cuestionario de Tareas más frecuentemente desarrolladas por estudiantes mostrado en la Figura C.2. Durante el desarrollo de la tarea el observador debe ir registrando los comentarios de percepción de usabilidad reportados por el sujeto de prueba. Al finalizar el desarrollo de la tarea, el observador debe registrar adicionalmente la cantidad de clics y el tiempo usados, así como si la tarea tuvo éxito y la evaluación en escala de 1 a 5 de la facilidad de uso de la tarea reportada por el sujeto de prueba. Este valor de evaluación se toma como referente de justificación con respecto a los comentarios hechos durante la prueba.

**6.2.4.3 Fase de post-test.** El objetivo de esta fase es recolectar la información generada en el test de usuario, procesar estadísticamente la información cuantitativa y cualitativa obtenida, analizar los datos e identificar problemas de usabilidad. A continuación se describen estas actividades como pasos que conforman esta fase.

- *Diligenciamiento y recolección de cuestionarios.* Una vez terminada la sesión del test de usuario, el sujeto de prueba revisa los comentarios registrados por el observador con respecto a las tareas desarrolladas con el WIS evaluado. Adicionalmente, el sujeto de prueba diligencia el cuestionario de Encuesta de percepción de usabilidad del portal Web (Ver Figura B.1) donde registra su percepción de usabilidad con el WIS evaluado en función de las tareas realizadas.
- *Procesamiento de información cualitativa: tareas y comentarios.* Con respecto al procesamiento de información de tareas, estas se deben identificar y calcular su frecuencia de utilización, promedio de clics y tiempo gastado, así como el promedio de la evaluación que reporta el sujeto de prueba. Una vez calculados estos datos estadísticos se pueden generar reportes por los parámetros de interés.

Con respecto al procesamiento de comentarios, estos se deben identificar por cada tarea tanto positivos como negativos y calcular su frecuencia. Adicionalmente, se debe identificar a las dimensiones de usabilidad afecta cada comentario, dependiendo del enfoque de evaluación seleccionado y calcular su frecuencia en

cada dimensión. Por último se deben agrupar los comentarios por cada tipo y calcular su frecuencia.

- *Procesamiento de información cuantitativa.* En este paso se procesa estadísticamente la información demográfica para confirmar el perfil de los sujetos de prueba convocados, y el cuestionario de Encuesta de percepción de usabilidad, con las preguntas que los sub-modelos de evaluación de usabilidad aceptaron. Se debe calcular el promedio por pregunta, dimensión e índice de usabilidad.
- *Análisis de datos e identificación de problemas de usabilidad.* Una vez calculados los promedios de los datos registrados, estos se deben interpretar en su contexto, con el fin de identificar los problemas de usabilidad encontrados y justificarlos con al análisis de datos.
- *Diagnóstico de problemas de usabilidad del WIS.* Teniendo como base al análisis de datos y la identificación justificada de problemas de usabilidad percibidos o reportados por los usuarios en el paso anterior, se debe cuantificar el grado de afectación de problemas de usabilidad que muestre la evaluación del WIS seleccionado.

**6.2.4.4 Fase de documentación.** Documentación y entrega del informe. Al terminar la fase de post-test se deben documentar las actividades de registro, procesamiento estadístico, análisis de datos, identificación de problemas de usabilidad y diagnóstico de problemas de usabilidad que muestre el WIS evaluado y entregar este informe.

### **6.3 Implementación de la metodología.**

En esta sección se presenta la evaluación de usabilidad del portal Web de la Universidad Central desarrollada como implementación de la metodología de evaluación diseñada en la sección anterior. A continuación se describen las actividades desarrolladas según las fases planteadas en la metodología de evaluación propuesta.

**6.3.1 Fase pre-test.** En esta fase se definió el problema, se evaluó la percepción de usabilidad del portal Web por parte de sus estudiantes, y se planificaron las actividades a desarrollar.

**6.3.1.1 Definición del problema.** Se requiere evaluar el grado y problemas de usabilidad presentes en el portal Web de la Universidad Central, que afecten la interacción de sus estudiantes nuevos y antiguos. Esta evaluación se debe desarrollar mediante encuestas para

determinar la percepción de problemas de usabilidad de los estudiantes y mediante pruebas de usuario basadas en tareas para identificar específicamente estos problemas.

**6.3.1.2 Aplicación de encuesta de percepción de usabilidad.** Con el objetivo de establecer en forma inicial el grado de usabilidad del portal Web de la universidad, se pidió a 450 estudiantes de la Facultad de Ingeniería diligenciar la encuesta de Percepción de usabilidad del portal Web de la universidad (Ver Figura B.1). Los datos obtenidos con este instrumento se procesaron con los sub-modelos de evaluación de usabilidad propuestos en capítulo 5, obteniéndose en esta forma valor de la usabilidad percibida por los estudiantes usuarios del portal (Ver Anexo E).

El valor resultante de la percepción de *calidad en uso* del portal fue de 3.51 y de *calidad del producto* fue de 3.65, presentándose entre estos dos enfoques una diferencia de 0.15. Estos valores calculados sobre una escala Likert-5, hacen presumir que la usabilidad del portal Web de la universidad presenta deficiencias. Por lo tanto se hace necesario desarrollar el proceso de identificación y evaluación de estos problemas, aplicando la metodología propuesta.

#### **6.3.1.3 Selección de enfoque de evaluación para test de usuario.**

- Evaluación cualitativa de tareas mediante test de usuario usando el cuestionario de Tareas más frecuentemente desarrollado por estudiantes (Ver Figura C.2).
- Evaluación cualitativa de comentarios de usabilidad del usuario por tarea durante test de usuario (Ver Figura C.2).
- Evaluación cuantitativa post-test de percepción de usabilidad de los estudiantes sujetos de prueba, desde los enfoques de proceso de uso, y como producto en uso y sistema Web, utilizando el cuestionario de Encuesta de percepción de usabilidad del portal Web de la universidad (Ver Figura B.1).

**6.3.1.4 Selección de usuarios y observadores.** De acuerdo a la definición del problema y objetivos de la metodología se seleccionaron tres grupos de estudiantes:

- *Grupo de usuarios novatos.* Un grupo de 25 estudiantes nuevos en el uso de portal Web de la universidad, cursando programas varios de ingeniería y que se encontraran en primer o segundo semestre, con experiencia en el uso del computador e internet. Para el cálculo del número de estudiantes a seleccionar en el test de usuario basado en tareas, ver Sección 6.1.2.3.

- *Grupo de usuarios expertos.* Un grupo de 25 estudiantes expertos en el uso del portal Web de la universidad, cursando octavo semestre de ingeniería de sistemas. Para el cálculo del número de estudiantes a seleccionar en el test de usuario basado en tareas, ver Sección 6.1.2.3.
- *Grupo de observadores.* Un grupo de 50 estudiantes que actúen como observadores, compañeros de estudios de los estudiantes sujetos de prueba. Se desarrolló una sesión de entrenamiento de una hora donde se informó el objetivo del test de usuario y de su participación. Se explicó el protocolo a seguir y el formato de recolección de información a ser utilizado.

**6.3.1.5 Programación de prueba.** La prueba se programó para ser realizada en un dos salas de cómputo adyacentes de la universidad, con ventanas de vidrio. Horario de sábado en horas de la tarde (de 2:00 pm a 4:00 pm.) por petición de los estudiantes, de tal forma que el desarrollo de la prueba no afectara la asistencia a clases.

**6.3.2 Fase de test.** En esta fase se desarrolló el test de usuario basado en tareas de acuerdo a la programación realizada en la fase anterior.

**6.3.2.1 Presentación de objetivos del test y de observadores.** Previo a la sesión del test de usuario se informó a los estudiantes novatos y expertos sobre los objetivos de evaluación de usabilidad la prueba. Como lo recomienda Nielsen (1993), se manifestó que el objetivo del test es probar la usabilidad del portal Web de la universidad y no una evaluación sobre sus conocimientos o habilidades personales. Adicionalmente se presentaron y asignaron los observadores a cada estudiante, y se ubicaron en parejas las mesas donde se alojan los computadores.

**6.3.2.2 Selección de tareas a desarrollar.** Para la selección de tareas a desarrollar, cada estudiante informó la tarea que se proponía a desarrollar, y el investigador mediante una planilla de control verificó la distribución tareas en desarrollo. Si la tarea ya había sido desarrollada hasta 10 veces se pidió la estudiante que seleccionara otra tarea. En caso afirmativo el estudiante inició el desarrollo de la tarea.

**6.3.2.3 Test de tareas seleccionadas.** Una vez identificada y autorizado el inicio de la tarea, el estudiante desarrolló cada tarea sin límite de tiempo. Para cada estudiante desarrollando tareas, el observador registró en el cuestionario C.2, el tiempo utilizado, número de clics, comentarios de usabilidad asociados a la tarea, éxito y la evaluación de usabilidad reportada del sujeto de prueba en escala de 1 a 5. Al finalizar cada tarea, el

estudiante sujeto de prueba tuvo la opción de revisar las anotaciones de comentarios del observador y complementarlas.

**6.3.3 Fase post-test.** El objetivo de esta fase es recolectar la información generada en el test de usuario, procesar estadísticamente la información cualitativa y cuantitativa obtenida, analizar los datos e identificar problemas de usabilidad.

**6.3.3.1 Diligenciamiento y recolección de cuestionarios.** Una vez terminado del test de usuario, cada sujeto de prueba diligenció sus datos demográficos y evaluó la usabilidad percibida en el desarrollo de sus tareas, usando el cuestionario de Encuesta de percepción de usabilidad del portal Web de la universidad (Ver Figura B.1). Para recolectar los cuestionarios, el investigador revisó el correcto diligenciamiento de cuestionarios por cada estudiante participante.

**6.3.3.2 Procesamiento de información cualitativa.** En esta etapa se procesó la información demográfica, información asociada con las tareas desarrolladas y comentarios reportados por los sujetos de prueba durante el desarrollo de las tareas.

**6.3.3.2.1 Información demográfica.** La información demográfica se procesó calculando para la información personal relacionada con edad, género, horas semanales de uso del computador e internet, y meses de uso del portal Web de la universidad, la frecuencia de los datos reportados como se muestra en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3 Resumen de frecuencia de información demográfica.

Nro Parámetro	Información personal	Rangos	Frecuencia	
			Expertos	Nuevos
1	Edad	Hasta 18	0.00	0.28
		19-25	0.48	0.60
		26-30	0.36	0.08
		Más de 30	0.16	0.04
2	Género	Hombre	0.84	0.64
		Mujer	0.16	0.36
3	Horas semanales uso computador	Hasta 14	0.16	0.20
		14-28	0.16	0.32
		más de 28	0.68	0.48
4	Horas semanales uso internet	Hasta 14	0.08	0.28
		14-28	0.24	0.40
		mas de 28	0.68	0.32
5	Meses de uso del portal	Hasta 12	0.00	1.00
		más de 12	1.00	0.00

**6.3.3.2.2 Información de tareas reportadas.** Con respecto a identificación de tareas reportadas, por cada cuestionario (Ver Figura C.2) se seleccionaron las que tuvieran relación directa con el proceso académico, identificándose 305 tareas no triviales: 131 tareas reportadas por el grupo de estudiantes novatos y 174 tareas reportadas por el grupo de estudiantes expertos (Ver Tabla D.3).

El procesamiento de datos de las tareas reportadas consistió en registrar en una planilla en Excel, por grupo, reporte y tarea reportada, el número de clics y segundos utilizados y el cálculo de eficiencia como  $(cantidad\ de\ clics)/(cantidad\ de\ segundos)$  gastados en la tarea, así como la evaluación numérica asignada a la usabilidad percibida en el desarrollo de la tarea por parte del estudiante, en una escala de 1 a 5. Una vez registrados estos datos, se identificaron 32 tareas de las cuales, por cada una se calculó su frecuencia de ocurrencia, así como promedio de clics, segundos utilizados, eficiencia y calificación de usabilidad, como se muestra en la Tabla 6.4. En esta tabla se observa que no todas las tareas fueron reportadas en forma conjunta por los grupos de estudiantes. Las tareas no reportadas por el grupo de usuarios expertos fueron: consultar cursos de contexto, tutoriales, trámites de crédito y mis cursos. A su vez, las tareas no reportadas por los usuarios novatos fueron: inscripción de materias, reintegros y renovación de crédito de ICETEX.

En consideración a lo anterior, se eliminaron aquellas tareas que no fueron reportadas en forma conjunta por los estudiantes de los dos grupos para efectuar un análisis global sobre su frecuencia de utilización. A las tareas restantes, que fueron reportadas en forma simultánea por los grupos de expertos y novatos, se calculó por grupo y en forma consolidada, la frecuencia de utilización de tarea, promedios de clics y segundos gastados por tarea, eficiencia y evaluación reportada por los sujetos de prueba. Adicionalmente se calcularon los valores promedio de clics, segundos y evaluación, por grupo y en forma consolidada para todas las tareas como se muestra en la Tabla 6.5.

**6.3.3.2.3 Información de comentarios de usabilidad.** Los comentarios de usabilidad se procesaron por grupo y tarea, y en cada uno de estas últimas los aspectos positivos y negativos reportados, por usuarios expertos y novatos, como se muestra en la Tabla D.4. En esta tabla se registra en la columna de descripción de comentarios de usabilidad reportados, el (los) número (s) de número de la encuesta registrada, así como el comentario específico de percepción de usabilidad. Posteriormente, la información se resume y las tareas se clasifican de acuerdo a la frecuencia de comentarios negativos asociados, como se muestra en la Tabla 6.6, donde además se suma la cantidad de comentarios reportados por los sujetos de prueba y se calcula el porcentaje correspondiente.

Tabla 6.4 Frecuencia y promedios de tareas identificadas en test de usuario por grupos.

Nro Tarea	Descripción tarea	Expertos					Expertos				
		Frec	Promedio				Frec	Promedio			
			Clics	Segs	Eficien	Eval		Clics	Segs	Eficien	Eval
1	Consultar horarios	0.86	4.83	31.11	0.16	4.14	0.57	4.17	59.83	0.07	4.25
2	Consultar notas	0.86	4.61	27.22	0.17	4.14	0.76	4.63	63.44	0.07	4.00
3	Automatrícula	0.43	9.22	102.11	0.09	4.06	0.38	4.38	52.75	0.08	3.13
4	Solicitudes académicas	0.33	5.43	32.14	0.17	3.86	0.33	4.14	58.29	0.07	3.43
5	Consultar solicitudes académicas	0.29	3.00	17.83	0.17	4.17	0.05	3.00	15.00	0.20	5.00
6	Consultar correo electrónico	0.71	3.13	16.93	0.19	4.27	0.33	3.57	26.71	0.13	4.00
7	Actualización de datos	0.24	5.40	29.80	0.18	3.40	0.29	4.50	152.50	0.03	3.33
8	Consultar calendario académico	0.48	2.50	20.60	0.12	4.65	0.29	5.50	95.00	0.06	3.17
9	Consultar eventos	0.24	1.40	7.80	0.18	4.30	0.14	1.67	53.00	0.03	4.33
10	Evaluación docentes	0.33	9.86	121.43	0.08	4.29	0.43	9.44	178.44	0.05	3.50
11	Consulta de noticentral	0.29	2.33	11.33	0.21	4.33	0.10	1.50	10.00	0.15	3.50
12	Inscripcion de materias	0.24	14.80	134.66	0.11	3.40					
13	Generar recibos de pago	0.33	4.14	83.57	0.05	3.71	0.19	3.50	76.25	0.05	3.25
14	Consultar Catalogo biblioteca	0.52	3.45	34.36	0.10	3.91	0.38	5.38	85.38	0.06	3.63
15	Renovación/Prestamos biblioteca	0.24	7.40	31.20	0.24	3.50	0.33	8.57	83.43	0.10	3.29
16	Búsqueda de cursos virtuales	0.19	3.75	30.00	0.13	3.50	0.19	4.75	52.75	0.09	3.75
17	Reintegros	0.05	3.00	3.00	1.00	3.00					
18	Consulta información bienestar	0.10	3.50	17.00	0.21	3.50	0.05	3.00	44.00	0.07	3.00
19	Simulador de crédito	0.05	3.00	3.00	1.00	3.00	0.05	5.00	126.60	0.04	3.00
20	Consular plan de estudios	0.24	4.00	37.40	0.11	3.40	0.05	3.00	2.00	1.50	5.00
21	Restaurar contraseña	0.19	4.75	42.25	0.11	2.75	0.05	5.00	60.00	0.08	4.00
22	Consultar oferta académica	0.10	3.00	95.00	0.03	3.00	0.38	3.00	56.88	0.05	3.38
23	Consultar cursos de contexto						0.19	2.75	36.25	0.08	2.50
24	Consultar vr de créditos académicos	0.10	5.00	20.50	0.24	3.75	0.14	2.33	19.67	0.12	2.33
25	Consultar cursos de inglés	0.10	3.50	40.00	0.09	3.00	0.10	3.50	65.00	0.05	3.00
26	Consulta BD académicas	0.14	2.67	19.00	0.14	4.00	0.05	5.00	38.00	0.13	3.00
27	Tutoriales						0.14	7.00	56.67	0.12	3.00
28	Trámites de crédito						0.10	10.00	135.00	0.07	3.50
29	Mis cursos						0.10	10.00	120.00	0.08	3.00
30	Consulta horarios para automatrícula	0.24	2.60	23.80	0.11	3.60	0.05	3.00	40.00	0.08	4.00
31	Renovación crédito ICETEX	0.19	5.00	70.00	0.07	4.25					
32	Consultar resolución Becas	0.24	2.50	14.75	0.17	4.75	0.05	1.00	52.00	0.02	3.00

Tabla 6.5 Tareas ordenadas por frecuencia consolidada de tareas reportadas

Nro Tarea	Descripción tarea	Expertos				Novatos				Promedios experimento						
		Frec	Promedio			Frec	Promedio			Frec	Promedio					
			Clics	Segs	Eficien		Eval	Clics	Segs		Eficien	Eval	Clics	Segs	Eficien	Eval
1	Consultar notas	0.86	4.61	27.22	0.17	4.14	0.76	4.63	63.44	0.07	4.00	<b>0.81</b>	4.62	45.33	0.12	4.07
2	Consultar horarios	0.86	4.83	31.11	0.16	4.14	0.57	4.17	59.83	0.07	4.25	0.71	4.50	45.47	0.11	4.19
3	Consultar correo electrónico	0.71	3.13	16.93	0.19	4.27	0.33	3.57	26.71	0.13	4.00	0.52	3.35	21.82	0.16	4.13
4	Consultar Catalogo	0.52	3.45	34.36	0.10	3.91	0.38	5.38	85.38	0.06	3.63	0.45	4.41	59.87	0.08	3.77
5	Auto-matrícula	0.43	9.22	102.11	0.09	4.06	0.38	4.38	52.75	0.08	3.13	0.40	6.80	77.43	0.09	3.59
6	Consultar calendario académico	0.48	2.50	20.60	0.12	4.65	0.29	5.50	95.00	0.06	3.17	0.38	4.00	57.80	0.09	3.91
7	Evaluación docentes	0.33	9.86	121.43	0.08	4.29	0.43	9.44	178.44	0.05	3.50	0.38	9.65	149.94	0.07	3.89
8	Solicitudes académicas	0.33	5.43	32.14	0.17	3.86	0.33	4.14	58.29	0.07	3.43	0.33	4.79	45.21	0.12	3.64
9	Renovación/Prestamos biblioteca	0.24	7.40	31.20	0.24	3.50	0.33	8.57	83.43	0.10	3.29	0.29	7.99	57.31	0.17	3.39
10	Actualización de datos	0.24	5.40	29.80	0.18	3.40	0.29	4.50	152.50	0.03	3.33	0.26	4.95	91.15	0.11	3.37
11	Generar recibos de pago	0.33	4.14	83.57	0.05	3.71	0.19	3.50	76.25	0.05	3.25	0.26	3.82	79.91	0.05	3.48
12	Consultar oferta académica	0.10	3.00	95.00	0.03	3.00	0.38	3.00	56.88	0.05	3.38	0.24	3.00	75.94	0.04	3.19
13	Consultar eventos	0.24	1.40	7.80	0.18	4.30	0.14	1.67	53.00	0.03	4.33	0.19	1.53	30.40	0.11	4.32
14	Consulta de noticentral	0.29	2.33	11.33	0.21	4.33	0.10	1.50	10.00	0.15	3.50	0.19	1.92	10.67	0.18	3.92
15	Búsqueda de cursos virtuales	0.19	3.75	30.00	0.13	3.50	0.19	4.75	52.75	0.09	3.75	0.19	4.25	41.38	0.11	3.63
16	Consultar solicitudes académicas	0.29	3.00	17.83	0.17	4.17	0.05	3.00	15.00	0.20	5.00	0.17	3.00	16.42	0.18	4.58
17	Consular plan de estudios	0.24	4.00	37.40	0.11	3.40	0.05	3.00	2.00	1.50	5.00	0.14	3.50	19.70	0.80	4.20
18	Consulta horarios para automatrícula	0.24	2.60	23.80	0.11	3.60	0.05	3.00	40.00	0.08	4.00	0.14	2.80	31.90	0.09	3.80
19	Consultar resolución Becas	0.24	2.50	14.75	0.17	4.75	0.05	1.00	52.00	0.02	3.00	0.14	1.75	33.38	0.09	3.88
20	Restaurar contraseña	0.19	4.75	42.25	0.11	2.75	0.05	5.00	60.00	0.08	4.00	0.12	4.88	51.13	0.10	3.38
21	Consultar vr de créditos académicos	0.10	5.00	20.50	0.24	3.75	0.14	2.33	19.67	0.12	2.33	0.12	3.67	20.08	0.18	3.04

Tabla 6.6 Tareas ordenadas por frecuencia consolidada de tareas reportadas (Continuación)

Nro Tarea	Descripción tarea	Expertos				Novatos				Promedios experimento						
		Frec	Promedio			Frec	Promedio			Frec	Promedio					
			Clics	Segs	Eficien		Eval	Clics	Segs		Eficien	Eval	Clics	Segs	Eficien	Eval
22	Consultar cursos de inglés	0.10	3.50	40.00	0.09	3.00	0.10	3.50	65.00	0.05	3.00	0.10	3.50	52.50	0.07	3.00
23	Consulta BD académicas	0.14	2.67	19.00	0.14	4.00	0.05	5.00	38.00	0.13	3.00	0.10	3.83	28.50	0.14	3.50
24	Consulta información bienestar	0.10	3.50	17.00	0.21	3.50	0.05	3.00	44.00	0.07	3.00	0.07	3.25	30.50	0.14	3.25
25	Simulador de crédito	0.05	3.00	3.00	1.00	3.00	0.05	5.00	126.60	0.04	3.00	0.05	4.00	64.80	0.52	3.00
Valor de usabilidad			4.20	36.41		3.80		4.10	62.68		3.57		4.15	49.54		3.68

Tabla 6.7 Resumen de cantidad de comentarios sobre usabilidad de tareas reportadas ordenada por total de comentarios negativos.

#Tarea	Descripción tarea	Grupo de Expertos		Grupo de Novatos		Frecuencia comentarios		Total comentarios
		Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	
1	Auto-matrícula	2	18	0	2	2	<b>20</b>	22
2	Consultar notas	5	11	6	1	11	12	23
3	Consultar Catalogo en línea biblioteca	3	6	0	5	3	11	14
4	Solicitud académica	2	11	1	0	3	11	14
5	Consultar horarios	5	10	4	0	9	10	19
6	Renovación libro biblioteca	0	4	2	5	2	9	11
7	Restaurar/cambio de contraseña	0	9	1	0	1	9	10
8	Actualización de datos	0	5	1	2	1	7	8
9	Consular plan de estudios	0	7	2	0	2	7	9
10	Generar recibos de pago	2	7	0	0	2	7	9
11	Consultar eventos	1	3	1	2	2	5	7
12	Consultar cursos de inglés	0	3	0	2	0	5	5
13	Consultar vr de créditos académicos	1	3	1	1	2	4	6
14	Bases de datos académicas	1	4	0	0	1	4	5
15	Consultar correo electrónico	8	3	1	0	9	3	12
16	Búsqueda de cursos virtuales	0	3	1	0	1	3	4
17	Consultar oferta académica	1	1	3	2	4	3	7
18	Inscripcion de materias	1	3	0	0	1	3	4
19	Consultar calendario académico	2	2	0	1	2	3	5
20	Consulta de noticentral	1	3	0	0	1	3	4
21	Consultar horarios para auto-matrícula	0	3	3	0	3	3	6
22	Consultar cursos de contexto	0	1	2	1	2	2	4
23	Consulta información bienestar	0	2	0	0	0	2	2
24	Renovación crédito ICETEX	0	2	0	0	0	2	2
25	Simulador de crédito	0	2	1	0	1	2	3
26	Reintegros	0	2	0	0	0	2	2
27	Evaluación docentes	3	0	2	1	5	1	6
28	Consultar solicitudes académicas	1	0	2	1	3	1	4
29	Mis cursos	0	1	0	0	0	1	1
30	Tutoriales	0	0	0	0	0	0	0
31	Trámites de crédito	1	0	0	0	1	0	1
32	Consultar resolución Becas	1	0	0	0	1	0	1
Frecuencia de comentarios reportados		41	<b>129</b>	34	<b>26</b>	75	155	230
Porcentaje de comentarios reportados		17.98 %	56.57 %	14.91 %	10.53 %	32.61 %	67.39 %	100.00%

Con respecto a los tipos de comentario a considerar, se consideran solamente los negativos como se muestra en la Tabla D.5, debido a que uno de los objetivos de la evaluación de usabilidad es hallar la cantidad de problemas que se presentan. Con respecto a las dimensiones de usabilidad en los enfoques de *calidad en uso* y *calidad del producto* afectadas negativamente por los comentarios de los sujetos de prueba, se registró la cantidad de veces que se presentó tal afectación. Adicionalmente, se identificó por cada comentario negativo, las dimensiones de usabilidad afectadas en forma simultánea, y se consideró el conteo asociado cuando un comentario fue reportado por más de un sujeto de prueba para mantener la frecuencia en la percepción registrada.

Una vez registrada la información descrita anteriormente, se procedió a calcular la cantidad de veces y la frecuencia con que fueron afectadas negativamente las dimensiones de usabilidad por cada tarea analizada, como se muestra en la Tabla 6.7. Para la dimensión de *satisfacción* de usuario, el índice que aparece en la tabla se calculó como la razón entre las cantidades de comentarios totales y la de comentarios negativos. Esta tabla se encuentra ordenada según la cantidad total de veces que se afectaron negativamente las dimensiones de usabilidad evaluadas.

**6.3.3.3 Procesamiento de información cuantitativa.** En esta etapa se procesó la información de la Encuesta general de percepción de usabilidad (Ver Figura B.1) diligenciada por los estudiantes sujetos de prueba.

**6.3.3.3.1 Percepción de usabilidad del portal.** Con respecto a los datos recolectados en los cuestionarios de Evaluación de percepción de usabilidad del portal Web de la universidad (Ver Figura B.1), la medida de confiabilidad calculada mediante el Alfa de Crombach para cada muestra corresponde 0.93 y 0.92 para los grupos de novatos y expertos respectivamente, valores que muestran una muy alta confiabilidad. Los datos y el cálculo del alfa pueden observarse en la tabla D.3. En la Tabla 6.8 se muestra el resumen de los valores promedio calculados de percepción cuantitativa de usabilidad por los grupos de expertos y novatos. Esta información se clasifica desde los enfoques de *calidad en uso* y *calidad del producto* donde se muestran los valores obtenidos por cada una de sus dimensiones y por cada uno de sus índices. Finalmente se calculan los valores promedio de usabilidad por cada uno de los grupos.

**6.3.3.4 Análisis de datos e identificación de problemas de usabilidad.** Una vez procesada la información recolectada en la fase anterior, esta se interpreta en su contexto para identificar los problemas de usabilidad hallados.

Tabla 6.8 Clasificación por tareas de dimensiones de usabilidad afectadas negativamente por comentarios en test de usuario.

#Tarea	Descripción tarea	Frec tarea	Dimensiones de usabilidad como calidad en uso						Dimensiones de usabilidad como calidad del producto					TAD <sup>2</sup>	Frec AD Total
			#AD <sup>1</sup>	Frec AD	Efectiv	Eficienc	Aprendiz	Satisfacc	#AD <sup>1</sup>	Frec AD	Contenid	Presentac	Navegac		
1	Auto-matrícula	0.43	36	0.16	0.22	0.50	0.28	0.90	19	0.11	0.32	0.58	0.11	55	0.14
2	Solicitud académica	0.33	25	0.11	0.20	0.44	0.36	0.85	18	0.11	0.22	0.50	0.28	43	0.11
3	Restaurar/cambio de contraseña	0.19	17	0.08	0.12	0.59	0.29	1.00	15	0.09	0.00	0.60	0.40	32	0.08
4	Consultar notas	0.86	13	0.06	0.23	0.54	0.23	0.69	13	0.08	0.00	0.85	0.15	26	0.07
5	Consultar horarios	0.86	14	0.06	0.14	0.71	0.14	0.67	12	0.07	0.17	0.67	0.17	26	0.07
6	Consular plan de estudios	0.24	15	0.07	0.20	0.40	0.40	1.00	9	0.05	0.00	0.44	0.56	24	0.06
7	Generar recibos de pago	0.33	13	0.06	0.08	0.54	0.38	0.78	8	0.05	0.00	0.75	0.25	21	0.05
8	Consultar Catalogo en línea biblioteca	0.52	12	0.05	0.17	0.50	0.33	0.67	7	0.04	0.00	0.86	0.14	19	0.05
9	Actualización de datos	0.24	6	0.03	0.17	0.83	0.00	1.00	9	0.05	0.44	0.56	0.00	15	0.04
10	Búsqueda de cursos virtuales	0.19	7	0.03	0.29	0.43	0.29	1.00	6	0.04	0.00	0.67	0.33	13	0.03
11	Bases de datos académicas	0.14	7	0.03	0.14	0.57	0.29	0.80	6	0.04	0.00	0.67	0.33	13	0.03
12	Renovación/préstamo biblioteca	0.24	6	0.03	0.00	0.67	0.33	1.00	5	0.03	0.00	0.80	0.20	11	0.03
13	Consultar vr de créditos académicos	0.10	6	0.03	0.17	0.50	0.33	0.75	4	0.02	0.00	0.75	0.25	10	0.03
14	Consulta de noticentral	0.29	6	0.03	0.00	1.00	0.00	0.75	3	0.02	1.00	0.00	0.00	9	0.02
15	Consultar horarios para auto-matrícula	0.24	5	0.02	0.20	0.60	0.20	1.00	4	0.02	0.50	0.25	0.25	9	0.02

<sup>1</sup>#AD: Cantidad de veces que se afectaron negativamente las dimensiones de usabilidad evaluadas

<sup>2</sup>TAD: Cantidad total de veces que se afectaron negativamente las dimensiones de usabilidad evaluadas.

Tabla 6.9 Clasificación por tareas de dimensiones de usabilidad afectadas negativamente por comentarios en test de usuario (Continuación).

#Tarea	Descripción tarea	Frec tarea	Dimensiones de usabilidad como calidad en uso						Dimensiones de usabilidad como calidad del producto					TAD <sup>2</sup>	Frec AD Total
			#AD <sup>1</sup>	Frec AD	Efectiv	Eficienc	Aprendiz	Satisfacc	#AD <sup>1</sup>	Frec AD	Contenid	Presentac	Navegac		
16	Consultar cursos de inglés	0.10	5	0.02	0.20	0.60	0.20	1.00	4	0.02	0.00	0.75	0.25	9	0.02
17	Consultar correo electrónico	0.71	5	0.02	0.20	0.60	0.20	0.27	3	0.02	0.00	0.67	0.33	8	0.02
18	Inscripcion de materias	0.24	5	0.02	0.00	0.60	0.40	0.75	3	0.02	0.00	1.00	0.00	8	0.02
19	Simulador de crédito	0.05	4	0.02	0.25	0.50	0.25	1.00	4	0.02	0.00	0.50	0.25	8	0.02
20	Consultar calendario académico	0.48	4	0.02	0.25	0.50	0.25	0.50	3	0.02	0.33	0.33	0.33	7	0.02
21	Consulta información bienestar	0.10	3	0.01	0.00	0.33	0.67	1.00	3	0.02	0.00	0.67	0.33	6	0.02
22	Renovación crédito ICETEX	0.19	3	0.01	0.33	0.33	0.33	1.00	2	0.01	0.00	0.50	0.50	5	0.01
23	Consultar eventos	0.24	1	0.00	0.00	1.00	0.00	0.75	3	0.02	0.33	0.67	0.00	4	0.01
24	Reintegros	0.05	2	0.01	0.00	0.50	0.50	1.00	2	0.01	0.00	0.50	0.50	4	0.01
25	Consultar oferta académica	0.10	1	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50	1	0.01	0.00	1.00	0.00	2	0.01
Totales			221	1.00	0.14	<b>0.57</b>	0.26	0.79	166	1.00	0.13	<b>0.60</b>	0.23	387	1.00

<sup>1</sup>#AD: Cantidad de veces que se afectaron negativamente las dimensiones de usabilidad evaluadas

<sup>2</sup>TAD: Cantidad total de veces que se afectaron negativamente las dimensiones de usabilidad evaluadas.

**6.3.3.4.1 Información demográfica.** Según los datos demográficos recolectados y que se muestran en la Tabla 6.8 se puede concluir que en el rango 19-30 años se tiene aproximadamente al 84% de los estudiantes expertos mayoritariamente hombres, que usan el computador e internet en promedio más de 28 horas semanales, y que todos tienen más de un año de experiencia en el uso del portal Web de la universidad que evaluaron (en realidad la mayoría tiene por lo menos cuatro años de experiencia, debido a que se encuentran cursando octavo semestre de ingeniería de sistemas). Por lo tanto se puede concluir que los estudiantes expertos tienen la capacidad para desarrollar tareas e identificar problemas de usabilidad del portal Web de la universidad. Con respecto a los estudiantes nuevos, un análisis similar muestra que aproximadamente el 88% mayoritariamente hombres se encuentran en el rango de 18-25 años, que usan el computador e internet en promedio más de 28 horas semanales y entre 6 meses y un año de experiencia en el uso de internet. Por lo tanto se puede concluir que los estudiantes nuevos tienen la capacidad para desarrollar tareas e identificar problemas de usabilidad del portal Web de la universidad.

**6.3.3.4.2 Información de tareas reportadas.** Como se puede observar en la Tabla 6.5, las tareas que mostraron mayor frecuencia promedio consolidada de utilización fueron: Consultar notas con un 81% , consultar horarios en un 71% y consultar correo electrónico en un 52%. Las demás tareas fueron reportadas en un porcentaje consolidado de utilización menor al 50%. Por otra parte, las tareas que mostraron menor frecuencia consolidada promedio de utilización fueron: restaurar contraseña y consultar valores de créditos académicos en un 12%, consultar cursos de inglés y bases de datos académicas en un 10%, consultar información de bienestar en un 7%, y por último utilizar el simulador de crédito en un 5%.

Tabla 6.10 Resumen de promedio total de índices de usabilidad evaluados

Enfoque de evaluación de usabilidad	Dimensiones evaluadas	Expertos			Novatos		
		Promedio dimensiones	Indices usabilidad	Promedio Usabilidad	Promedio dimensiones	Indices usabilidad	Promedio Usabilidad
Calidad en uso	Efectividad	3.73	3.81	3.74	3.47	3.62	3.53
	Eficiencia	3.80			3.68		
	Satisfacción	4.00			3.82		
	Aprendizaje	3.72			3.50		
Calidad del producto	Contenido	3.91	3.66	3.66	3.53	3.45	3.38
	Presentación	3.66			3.44		
	Navegación	3.42			3.38		
Diferencia de evaluación entre enfoques		0.15		0.17			

Con respecto a la tarea de consultar notas, la frecuencia reportada de esta tarea por los usuarios expertos fue del 86%, con un promedio de clics de 4.61, tiempo de desarrollo de 27.22 segundos, con una eficiencia calculada de 0.17 (4.61/27.22) y una evaluación de usabilidad de 4.61. Para los usuarios novatos, la frecuencia de utilización de esta tarea fue del 76%, con un promedio de clics de 4.63, tiempo de duración de 63.44 segundos, con una eficiencia calculada de 0.07 (4.63/63.44) y una evaluación de usabilidad de 4.0. Al comparar estos datos entre usuarios expertos y novatos, se observa que la cantidad de clics medida para desarrollar la tarea es similar, pero en el tiempo gastado los usuarios novatos es 2.33 veces mayor que los usuarios expertos. Luego, la eficiencia calculada como *numero de clics/cantidad de tiempo* en el desarrollo de la tarea en referencia es menor en los usuarios novatos. Para las demás tareas registradas en esta tabla el análisis es similar.

Para los usuarios expertos las tareas de mayor evaluación de usabilidad son: consultar resolución becas con 4.75, consultar calendario académico con 4.65, consultar noticentral con 4.33 y consultar correo electrónico con 4.27. No obstante el valor de evaluación de estas tareas, no son las que presentan mayor eficiencia (0.17, 0.12, 0.21 y 0.19 respectivamente), confirmando el concepto de que la usabilidad es un constructo multidimensional y que no depende de una sola dimensión. Para estos usuarios las tareas de menor evaluación de usabilidad, ( $\leq 3.0$ ) son: consultar oferta académica, consultar cursos de inglés y simulador de crédito con una evaluación de 3.0, y restaurar contraseña con un valor de 2.75.

Por su parte, para los usuarios expertos, las tareas de mayor eficiencia calculada de usabilidad son: simulador de crédito con 1.0, renovación/préstamos biblioteca y consultar vr de créditos académicos con 0.24, y consulta de noticentral con 0.21. Las tareas de menor eficiencia calculada de usabilidad son: Consultar oferta académica con 0.03, generar recibos de pago con 0.05, evaluación docentes con 0.08, y auto-matrícula y consultar cursos de inglés con 0.09. Para los usuarios novatos el análisis es similar.

En resumen, las tareas que presumiblemente presentan problemas de usabilidad por baja evaluación del usuario, o por baja frecuencia calculada, para usuarios expertos y novatos, así como para la información consolidada son: Actualización de datos, Consulta BD académicas, Consultar calendario académico, Consultar Catalogo en línea biblioteca, Consultar cursos de inglés, Consultar eventos, Consultar oferta académica, Consultar resolución Becas, Consultar vr de créditos académicos, Evaluación docentes, Generar recibos de pago y Simulador de crédito.

**6.3.3.4.3 Información de comentarios de usabilidad.** Con respecto a los comentarios de usabilidad, debido a su relación con tareas y dimensiones de usabilidad, se analizarán desde

estas dos perspectivas: La primera se refiere a comentarios por tarea, donde la interpretación del comentario se asocia en una relación de 1 a 1 con la tarea referenciada. La segunda se refiere a comentarios por dimensión de usabilidad, donde según la interpretación de un comentario, este puede afectar a más de una dimensión de usabilidad, dando como resultado una relación de 1 a varios entre un comentario y las dimensiones afectadas. A continuación se describen las medidas obtenidas en estas perspectivas.

- En relación con las tareas, en la Tabla 6.6 se muestra que los estudiantes reportaron 230 comentarios válidos de percepción de usabilidad sobre el portal Web de la universidad después de haber desarrollado cada uno 10 tareas de búsqueda y procesamiento de información, seleccionadas por ellos mismos. De la totalidad de los comentarios de usabilidad reportados, 170 fueron realizados por el grupo de usuarios expertos (74%) y 60 (26%) por el grupo de usuarios novatos, a pesar de ser procesados los datos sobre igual cantidad de estudiantes (21) en cada grupo.

Adicionalmente, de tabla se puede observar que las tareas que obtuvieron una mayor cantidad de comentarios negativos de usabilidad de los 42 estudiantes fueron: *auto-matrícula* con 20 comentarios, de los cuales 18 (90%) fueron reportados por usuarios expertos y 2 (10%) por usuarios novatos; *consultar notas* con 12 comentarios, de los cuales 11 (91.7%) fueron reportados por usuarios expertos y 1 (8.33%) por usuarios novatos; *Consultar Catálogo en línea de biblioteca* con 11 comentarios, de los cuales 6 (54.55%) fueron reportados por usuarios expertos y 5 (45.46%) por usuarios novatos; *solicitud académica* con 11 comentarios, de los cuales todos fueron reportados por usuarios expertos y ninguno por usuarios novatos; *consulta de horarios* con 10 comentarios, de los cuales todos fueron reportados por usuarios expertos y ninguno por usuarios novatos; *renovación libro biblioteca* con 9 comentarios, de los cuales 4 (44.45%) fueron reportados por usuarios expertos y 5 (55.55%) por usuarios novatos; y *restaurar/cambio de contraseña* con 9 comentarios de los cuales todos fueron reportados por usuarios expertos y ninguno por usuarios novatos. Para las demás tareas el análisis es similar.

Efectuando un análisis de comentarios negativos de usabilidad reportados y registrados en la Tabla D.4, se observa que los comentarios negativos de usabilidad de los usuarios novatos se encuentran casi en su totalidad incluidos en los comentarios reportados por los usuarios expertos. Por lo tanto para efectos de calcular la frecuencia de estos comentarios por tarea se considerará como referencia a la información proporcionada por estos últimos. Del anterior análisis se puede concluir que para hallar problemas de usabilidad del portal Web de la universidad es más eficiente seleccionar como sujetos de prueba a estudiantes expertos. De acuerdo

a ésta conclusión, para el análisis de las dimensiones afectadas por los comentarios de los estudiantes participantes se consideraron únicamente los reportados por los usuarios expertos.

En resumen, tomando como referencia las tareas con problemas de usabilidad identificadas en la sección 6.3.3.4.2 y considerando las tareas relacionadas en la Tabla 6.6, se identifican como tareas con problemas de usabilidad más representativas las siguientes: Auto-matrícula, Generar recibos de pago, Consultar Catalogo en línea biblioteca, Restaurar contraseña, Solicitud académica, Consultar notas, Consultar cursos de inglés, Consultar oferta académica, Consultar horarios, Actualización de datos y Renovación/préstamo libro de biblioteca. La identificación de estas tareas con problemas de usabilidad se efectuó aplicando una métrica no estandarizada planteada en el presente trabajo de investigación, la cual se calcula de la siguiente forma:

*Medida Empírica  
de Usabilidad*

$$\text{de Tarea (MEUT)} = \text{Medida de Eficiencia} * \text{Valor de Evaluación} * \\ (1/\text{Cantidad de comentarios negativos})$$

La justificación de esta medida es como sigue: En la proporción en que aumenta la medida de eficiencia, el valor de la evaluación y el inverso de la cantidad de comentarios negativos de una tarea, la medida MEUT aumenta. Con respecto al inverso de la cantidad de comentarios negativos, a medida que se incrementan estos el inverso disminuye, y el valor de la medida MEUT también disminuye. En la Tabla 6.9 se relaciona la medida MEUT para tareas identificadas por los usuarios y que presentan problemas de usabilidad.

- En relación con las dimensiones de usabilidad, en la Tabla 6.7 se puede observar que la tarea que obtuvo una mayor cantidad de comentarios negativos fue *Auto-matrícula* con 36 comentarios negativos de usabilidad desde el enfoque de *calidad en uso* y 19 comentarios negativos de usabilidad desde el enfoque de *calidad del producto*, correspondiendo al 16.3% y 11.45 de los valores registrados respectivamente. Con respecto a la cantidad total de comentarios negativos de usabilidad, se registraron 55 comentarios que corresponden al 14.21 del total de comentarios negativos para todas las tareas.

Tabla 6.11 Identificación de tareas con problemas de usabilidad

Tarea	Eficien	Eval	#Com	1/#Com	MEUT
Auto-matrícula	0.09	3.59	20	0.05	0.02
Generar recibos de pago	0.05	3.48	7	0.14	0.02
Consultar Catalogo en línea biblioteca	0.08	3.77	11	0.09	0.03
Restaurar contraseña	0.10	3.38	9	0.11	0.04
Solicitud académica	0.12	3.64	11	0.09	0.04
Consultar notas	0.12	4.07	12	0.08	0.04
Consultar cursos de inglés	0.07	3.00	5	0.20	0.04
Consultar oferta académica	0.04	3.19	3	0.33	0.04
Consultar horarios	0.11	4.19	10	0.10	0.05
Actualización de datos	0.11	3.37	7	0.14	0.05
Renovación/préstamo libro de biblioteca	0.17	3.39	9	0.11	0.06
Consultar eventos	0.11	4.32	5	0.20	0.10
Consultar calendario académico	0.09	3.91	3	0.33	0.12
Consulta BD académicas	0.14	3.50	4	0.25	0.12
Consultar vr de créditos académicos	0.18	3.04	4	0.25	0.14
Evaluación docentes	0.07	3.89	1	1.00	0.27
Consultar resolución Becas	0.09	3.88	1	1.00	0.35
Consultar plan de estudios	0.80	4.20	7	0.14	0.48
Simulador de crédito	0.52	3.00	2	0.50	0.78

Continuando con el análisis de *auto-matrícula*, la dimensión que obtuvo la mayor frecuencia de comentarios negativos de usabilidad desde el enfoque calidad en uso fue *presentación* con un 58%, seguida de *contenido* con 32% y por último *navegación* con un 11% de los comentarios reportados.

La dimensión que obtuvo la mayor frecuencia de comentarios negativos en el enfoque de calidad en uso fue *eficiencia* con un 50%, seguido de *aprendizaje* con un 28% y por último *efectividad* con un 22%. En términos generales sobre esta tarea puede concluirse que el problema más importante está relacionado con la usabilidad de la *presentación* o GUI, lo cual genera problemas principalmente de *eficiencia*. Este análisis puede extenderse a cada tarea en esta tabla.

**6.3.3.4.4 Percepción de usabilidad de tareas.** Como se observa en la Tabla 6.8, los índices de evaluación de percepción de usabilidad del portal Web de la universidad, para usuarios expertos y novatos, después de realizar 10 tareas es de 3.74 y 3.53 respectivamente, con una diferencia en la evaluación de 0.21, es decir coinciden en un

94.39%. Se observa adicionalmente que la diferencia de valor entre los índices de usabilidad calculados en los dos enfoques de evaluación (usabilidad como calidad en uso y usabilidad como calidad del producto), para los usuarios expertos es de 0.15, es decir que son coincidentes en un 96.06%. Para el caso de los usuarios novatos, la diferencia entre los índices de usabilidad calculados en los dos enfoques de evaluación es de 0.17, es decir que son coincidentes en un 95.30%.

#### 6.3.3.5 Diagnóstico de problemas de usabilidad del WIS.

- Con respecto a las tareas desarrolladas por los sujetos de prueba en el portal Web de la universidad, según se observa en la Tabla 6.5, la eficiencia calculada en clics/seg en el desarrollo de tareas para los usuarios expertos (que las han desarrollado durante 4 años aproximadamente) es de 11.53% y evalúan la usabilidad del portal en 3.80 en escala de 1 a 5. En el caso de los estudiantes novatos (que han desarrollado las tareas durante un semestre o menos), la eficiencia calculada en clics/seg es aproximadamente de 6.54% y evalúan la usabilidad del portal en 3.57 en una escala de 1 a 5. Luego, se puede deducir que en el portal se presentan problemas de usabilidad.

A la misma conclusión se puede llegar al comparar los valores de evaluación de usabilidad obtenidos de los usuarios expertos durante el desarrollo de tareas (3.80) con el valor obtenido mediante evaluación de dimensiones (3.74). Con respecto a los usuarios novatos, el valor de evaluación de usabilidad durante el desarrollo de tareas (3.68) es también cercano al valor obtenido mediante evaluación de dimensiones (3.53). Por lo tanto se puede concluir como diagnóstico que el portal Web de la universidad presenta problemas de usabilidad.

- Con respecto a los comentarios procesados y analizados, según se observa en la Tabla 6.7 se puede deducir que el portal Web de la universidad tiene problemas de usabilidad asociados aproximadamente a *presentación* en un 60%, *navegación* en un 23% y *contenido* en un 13%, lo cual a su vez genera problemas de *eficiencia* en un 57%, *aprendizaje* en un 26% y *efectividad* en un 14%. Con respecto al valor de satisfacción de usuario, según los comentarios procesados se presenta en forma negativa en un 79% aproximadamente.

**6.3.4 Fase de documentación y entrega del informe.** Para la fase de documentación y entrega del informe se sugiere entregar un documento conteniendo el material desarrollado en la presente sección.

#### 6.4 Validación de la metodología.

Esta sección presenta el desarrollo de un estudio de caso para validar la metodología de evaluación de usabilidad para WIS propuesta (UEMWIS), comparándola con la evaluación heurística (HE) de Nielsen (1994).

**6.4.1 Criterios de evaluación de UEMs.** La introducción de UEMs para evaluar y mejorar la usabilidad de aplicaciones Web ha dado lugar a una variedad de enfoques alternativos que genera un desconocimiento general de las capacidades y limitaciones de cada uno (Hasan, 2012). Se presenta entonces en el área falta de investigación sobre atributos y criterios estándar con los cuales evaluar y comparar UEMs. Fernández (2012) por su parte plantea que faltan de marcos de aplicación y que la mayoría de las validaciones empíricas reportadas tienen problemas de replicación.

Al respecto, se considera el trabajo de Hartson et al. (2003) quienes plantearon atributos y medidas de rendimiento para evaluar y comparar UEMs, tales como *rigurosidad* relacionada con la proporción de problemas reales que se encuentran en la interfaz, validez, fiabilidad, eficacia y rentabilidad, criterios que son poco usados en la práctica. En esta investigación se adoptan como criterio de evaluación: el número de problemas de usabilidad hallados y la eficacia.

**6.4.2 Métodos usados en la validación empírica.** Los métodos usados para el presente estudio de caso de validación empírica son los siguientes: la metodología de evaluación de usabilidad para WIS propuesta en la presente investigación (UEMWIS), la cual se describe en las secciones anteriores de este capítulo y la evaluación heurística (Heuristic Evaluation, HE) propuesta por Nielsen (1994).

La HE es un UEM centrado en un grupo de evaluadores que examinan una interface gráfica inspeccionando si esta cumple con los 10 principios de usabilidad planteados por Nielsen (1994), los cuales se encuentran orientados a la verificación de las mejores prácticas de diseño. Siguiendo a Fernández (2012) a continuación se plantean las razones por las cuales se seleccionó la HE como método usado para comparar la metodología UEMWIS propuesta:

- El propósito fundamental del proceso de validación para UEMWIS es la comparación del desempeño de los sub-modelos de evaluación de usabilidad planteados en el capítulo 5 de la presente investigación, con las 10 heurísticas de Nielsen (1994).

- La HE es uno de los métodos de evaluación de usabilidad más utilizados en la industria.
- La HE cubre una amplia gama de aspectos de usabilidad al igual que UEMWIS, tales como presentación, contenido, navegación, aprendizaje y eficiencia entre otros.

**6.4.3 Estudio de caso para la validación empírica de UEMWIS.** El estudio de caso es un método de investigación cualitativa que estudia un fenómeno o componente de la realidad dentro de su contexto real (Yin, 2003), para llegar a comprender su comportamiento en circunstancias concretas (Stake, 1998), y de esta forma comprender las características de una clase más amplia de fenómenos similares (Gerring, 2004).

En este contexto, la investigación cualitativa consiste en la construcción o generación de una teoría a partir de una serie de proposiciones extraídas de un cuerpo teórico que servirá de partida al investigador. Para Yin (2003), la cuestión de generalizar a partir del estudio de casos no consiste en una generalización estadística, sino que se trata de una generalización analítica a otros estudios que se presenten en condiciones teóricas similares. Para esto no es necesario extraer una muestra representativa de la población, sino una muestra teórica conformada por uno o más casos. De esta forma, el estudio de caso ofrece mejores resultados en la generación de teorías que los estudios cuantitativos.

Las fases para un estudio de caso (Yin, 2003) son: Diseño del estudio, realización del estudio, análisis y conclusiones, como se observa en la Tabla 1.1. A continuación se desarrollan estas fases.

**6.4.3.1 Objetivo de la evaluación.** Analizar UEMWIS con el fin de evaluar su eficacia, eficiencia, facilidad de uso y satisfacción en uso percibidas en comparación con la Evaluación Heurística (Heuristic Evaluation, HE) desde la perspectiva de un conjunto de evaluadores de usabilidad. Esta evaluación nos permitirá demostrar la viabilidad de la metodología de evaluación propuesta y además de detectar los problemas que se pueden mejorar en futuras versiones de la metodología.

#### **6.4.3.2 Diseño del estudio de caso.**

**1. Preguntas de investigación.** Las preguntas de investigación sirven de referencia para la recolección de los datos y deben garantizar que se obtenga la evidencia que se requiere para contrastar con las proposiciones teóricas del estudio. A continuación se describen las preguntas de investigación del presente estudio de caso:

- Pregunta-1: Como evaluar la eficiencia, facilidad de uso, satisfacción de usuario y aprendizaje de UEMWIS?
- Pregunta-2: Como evaluar la eficiencia, facilidad de uso, satisfacción de usuario y aprendizaje de HE?
- Pregunta-3: Como comparar la eficiencia, facilidad de uso, satisfacción y aprendizaje entre UEMWIS y HE?

**2. Proposiciones teóricas.** Las proposiciones teóricas son construidas a partir de constructos (que contienen variables o dimensiones), para lo cual se deben considerar las variables y dimensiones que componen. Al respecto, en el presente estudio de caso se consideran variables independientes y dependientes. Con respecto a la selección de variables independientes tenemos:

- Metodología UEMWIS de test de usuario basado en tareas.
- Metodología HE de inspección.
- Objeto experimental: Portal Web de la Universidad Central.

Con respecto a la selección de variables dependientes, consideramos variables dependientes objetivas y subjetivas. Las variables dependientes objetivas identificadas son *eficacia* y *eficiencia* de UEMs, identificadas por Fernández (2012) quien las plantea en su estudio citando a Hartson et al. (2003) así como a Gray y Salzman (1998). A continuación se describen estas variables:

- *Eficacia*, se calcula como la relación entre el número de problemas de usabilidad detectados y el número total de problemas conocidos de usabilidad existentes. Consideramos un problema de usabilidad como un defecto que se puede encontrar en la GUI y su número total de ocurrencias.
- *Eficiencia*, se calcula como la relación entre el número de problemas de usabilidad detectados y el tiempo total gastado en el proceso de inspección.

Con respecto a las variables dependientes subjetivas, siguiendo a Fernández (2012) quien citando conceptos del Modelo aceptación de la tecnología (TAM) (Davis 1989), como

modelo teórico aplicado para estudiar la aceptación del usuario y el comportamiento de uso de tecnologías de información emergentes que ha recibido un amplio apoyo empírico a través de validaciones y repeticiones (Venkatesh, 2000), considera las variables de *facilidad de uso percibida* y *satisfacción de uso percibida*.

- La *facilidad de uso percibida* se refiere al grado en que los evaluadores consideran que el aprendizaje y el uso de un método de evaluación en particular será sin esfuerzo.
- La *satisfacción de uso percibida* se refiere al grado en el cual evaluadores creen que el empleo de una evaluación en particular método puede ayudar a alcanzar las habilidades específicas y profesional metas.

Para medir estas variables, se adopta de Fernández (2012) un conjunto de 8 preguntas cerradas en escala Likert-5: 5 preguntas para medir Facilidad de Uso Percibida (FUP) y 3 preguntas para medir la Satisfacción de Uso Percibida (SUP):

- FUP1. El procedimiento de aplicación del método es simple y fácil de seguir.
- FUP2. He encontrado que el método de evaluación fácil de aprender.
- FUP3. En términos generales, el método de evaluación es fácil de usar.
- FUP4. Las medidas/heurísticas propuestas son claros y fáciles de entender.
- FUP5. Fue fácil de aplicar el método de evaluación de usabilidad.
- SUP1. En términos generales, creo que el método de evaluación proporciona una manera eficaz con el que detectar problemas de usabilidad.
- SUP2. El empleo del método de evaluación mejoraría mi rendimiento en las evaluaciones de usabilidad web.
- SUP3. Creo que sería fácil ser hábil en el uso del método de evaluación.

### 3. Planteamiento de proposiciones teóricas.

- PT1: Hay diferencia significativa entre el valor de evaluación de percepción de usabilidad de UEMWIS y HE.

- PT2: Hay diferencia significativa entre la eficacia de UEMWIS y HE.
- PT3: Hay diferencia significativa entre la eficiencia de UEMWIS y HE.
- PT4: Hay diferencia significativa entre la facilidad de uso percibida de UEMWIS y HE.
- PT5: Hay diferencia significativa entre la satisfacción percibida empleando UEMWIS y HE.

#### **4. Unidades de análisis.**

Debido a que lo que se requiere medir es el valor de usabilidad percibido, eficacia, eficiencia, facilidad de uso, satisfacción de las metodologías UEMWIS y HE, estas dos metodologías son las unidades de análisis.

#### **5. Vinculación lógica entre los datos y las proposiciones.**

La proposición teórica PT1 se relaciona con la percepción de usabilidad de los sujetos de prueba de UEMWIS y la HE. La primera se mide con el cuestionario de Encuesta de percepción de usabilidad del portal Web de la universidad, mostrado en la Figura B.1, evaluación que da como resultado un índice de usabilidad, como se muestra en la sección 6.3.3.3.1. De la misma forma, la segunda se mide de los inspectores de usabilidad cuando diligencian el cuestionario que se muestra en la Figura D.1, cuestionario basado en las 10 heurísticas de Nielsen (2005).

La proposición teórica PT2 se relaciona con la medida de eficacia de las metodologías UEMWIS y HE. Debido a que no es posible saber de antemano los problemas de usabilidad que tiene el portal Web de la universidad para tener la totalidad de problemas de usabilidad, la medición que se hará en forma relativa comparando el porcentaje de problemas de usabilidad detectados por ambos métodos.

La proposición teórica PT3 se relaciona con la eficiencia de las metodologías UEMWIS y HE. Esta se medirá calculando la cantidad de problemas de usabilidad detectados dividida por el tiempo gastado en la identificación de estos.

Las proposiciones teóricas PT4 y PT5 se relacionan con la facilidad de uso y satisfacción percibidas por los usuarios de las metodologías UEMWIS y HE. Estas medidas se calculan de las medidas del cuestionario mostrado en la Figura D.2, donde se plantean las preguntas de evaluación de percepción de facilidad de uso con las preguntas FUP1, FUP2, FUP3,

FUP4 y FUP5. De las misma forma, las preguntas relacionadas con satisfacción de uso SU1, SU2 y SU3. El cuestionario en mención relaciona para la evaluación a los dos métodos, debido a que los sujetos de evaluación por requisito participaron en la evaluación del portal Web de la universidad por las dos metodologías, las cuales se aplicaron con un mes de diferencia. Un resumen de las consideraciones anteriormente expuestas se muestra en la Tabla 6.10.

Tabla 6.12 Vinculación entre datos y proposiciones del estudio de caso.

#Prop	Preguntas de encuesta	Fuentes de datos	
		Para UEMWIS	Para HE
PT1	UEMWIS: 46 pregs. HE : 10 pregs.	Encuesta de percepción de usabilidad basada en sub-modelos de usabilidad	Encuesta de percepción de usabilidad basada en las heurísticas de Nielsen (2005).
PT2		Test de usuario basado en tareas: - Nro. comentarios de usabilidad en test de usuario	Inspección basada en tareas: - Nro. de problemas de usabilidad Identificados en inspección.
PT3		Test de usuario basado en tareas: - Nro. comentarios de usabilidad - Tiempo usado en tarea	Inspección basada en tareas: - Nro. problemas de usabilidad identificados - Tiempo usado en inspección
PT4	FUP1, FUP2, FUP3, FUP4, FUP5	Encuesta	Encuesta
PT5	SUP1, SUP2, SUP3	Encuesta	Encuesta

### 6.4.3.3 Realización del estudio de caso.

#### 1. Participantes.

Las evaluaciones de usabilidad se llevaron a cabo por los estudiantes de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, quienes participaron en forma voluntaria en el proceso de evaluación de usabilidad de portal Web de la universidad.

Se seleccionaron 20 estudiantes de octavo semestre de ingeniería de sistemas, con experiencia en el uso del portal según perfil demográfico mostrado en la Tabla 6.3. Para su selección se consideró que hubieran participado como sujetos de prueba en la evaluación de usabilidad realizada previamente mediante test de usuario basado en tareas.

## 2. Tareas, métodos e instrumentos seleccionados.

Con respecto a las tareas a desarrollar en el portal Web de la universidad, se seleccionó un subconjunto de 23 tareas a inspeccionar teniendo como referencia a las 10 heurísticas de Nielsen (2005). Por cada tarea inspeccionada, se pidió a los participantes diligenciar el cuestionario de percepción de usabilidad Likert-5 mostrado en la Figura D.1 y relacionar en forma abierta los problemas de usabilidad encontrados.

Posteriormente, se pidió a los usuarios diligenciar el formato de percepción de usabilidad Likert-5 después de la inspección. mostrado en la Figura D.2. Este cuestionario le permite al usuario que efectuó la inspección evaluar en un solo formulario las 8 preguntas, la facilidad de uso percibida y la satisfacción de uso percibida, para los dos métodos de evaluación de usabilidad.

## 3. Recolección de datos.

La evaluación empírica de validación de UEMWIS y HE se realizó en las salas de cómputo de la universidad Central, en una sesión de 2 horas. El finalizar la sesión se recolectaron los cuestionarios relacionados.

**6.4.3.4 Análisis y conclusiones.** El análisis de los datos se realiza en primera instancia para justificar en forma empírica a las propuestas teóricas (que corresponderían a las hipótesis en un enfoque cuantitativo). A continuación se describe el análisis de datos para las propuestas teóricas del presente estudio de caso.

### **PT1: Hay diferencia significativa entre el valor de evaluación de usabilidad de UEMWIS y HE.**

Tomando como referencia 20 encuestas y 23 tareas desarrolladas aplicando test de usuario e inspección se tienen los resultados mostrados en la Tabla 6.11 y en la Figura 6.2. Como se puede observar la diferencia en la percepción de usabilidad entre UEMWIS y HE es de 0.11, es decir coinciden en un 97.16% y la varianza es del 4.6% y 5.2% respectivamente.

Tomando como referencia 20 encuestas y 14 tareas desarrolladas aplicando test de usuario e inspección se tienen los resultados mostrados en la Tabla 6.12 y en la Figura 6.3. Como se puede observar la diferencia en la percepción de usabilidad entre UEMWIS y HE es de 0.04, es decir coinciden en un 98.99%.

Luego se puede concluir que para los datos analizados no hay diferencia significativa entre el valor de evaluación de percepción de usabilidad de UEMWIS y HE. Esta proposición teórica valida el cuestionario de Encuesta de percepción de usabilidad del portal Web de la Universidad, mostrado en la Figura B.1.

Tabla 6.13 Cálculo de estadísticos de percepción de usabilidad para 23 tareas.

#Tarea	Tareas	UEMWIS	Nielsen (1995)	Diferencia
1	Actualizacion de datos	3.7	3.4	0.3
2	Automatrícula	4.2	4.1	0.1
3	Búsqueda de cursos virtuales	3.8	3.5	0.3
4	Consulta BD académicas	2.7	4.0	-1.4
5	Consultar calendario academico	4.5	4.7	-0.2
6	Consultar catalogo biblioteca	4.3	3.9	0.4
7	Consultar correo electrónico	3.9	4.3	-0.4
8	Consultar cursos de ingles	3.6	3.0	0.6
9	Consultar eventos	3.8	4.3	-0.6
10	Consultar horario para automatrícula	4.3	3.6	0.7
11	Consultar horarios	4.2	4.1	0.0
12	Consultar información bienestar	3.8	3.5	0.3
13	Consultar notas	4.1	4.1	0.0
14	Consultar noticentral	3.9	4.3	-0.5
15	Consultar oferta academica	4.4	3.0	1.4
16	Consultar plan de estudios	4.6	3.4	1.2
17	Consultar solicitudes académicas	4.1	4.2	-0.1
18	Consultar valor créditos académicos	3.0	3.8	-0.8
19	Evaluación docente	3.7	4.3	-0.6
20	Generar recibos de pago	3.9	3.7	0.2
21	Restaurar contraseña	4.1	2.8	1.3
22	Simulador de creditos	3.1	3.0	0.1
23	Solicitud académica	3.9	3.9	0.1
	Promedios	3.88	3.77	0.11
	Varianza	0.23	0.26	0.44

Figura 6.2 Percepción de usabilidad para 23 tareas.

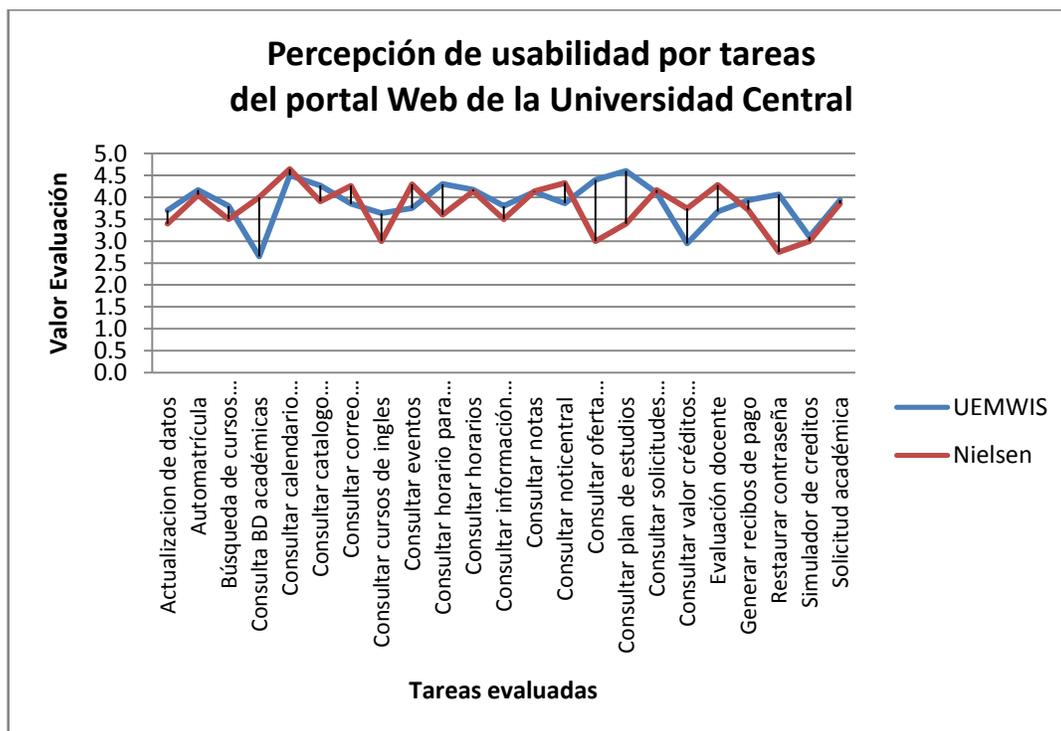
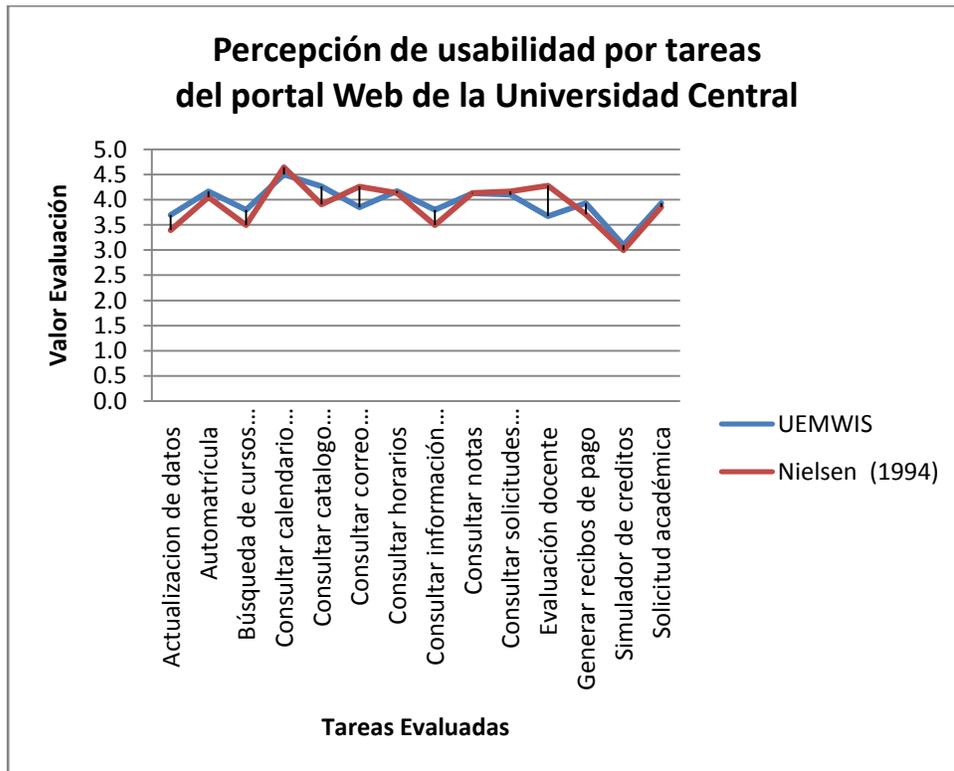


Tabla 6.14 Cálculo de estadísticos de percepción de usabilidad para 14 tareas.

#Tarea	Tareas	UEMWIS	Nielsen (1994)	Diferencia
1	Actualización de datos	3.7	3.4	0.3
2	Automatrícula	4.2	4.1	0.1
3	Búsqueda de cursos virtuales	3.8	3.5	0.3
4	Consultar calendario académico	4.5	4.7	-0.2
5	Consultar catalogo biblioteca	4.3	3.9	0.4
6	Consultar correo electrónico	3.9	4.3	-0.4
7	Consultar horarios	4.2	4.1	0.0
8	Consultar información bienestar	3.8	3.5	0.3
9	Consultar notas	4.1	4.1	0.0
10	Consultar solicitudes académicas	4.1	4.2	-0.1
11	Evaluación docente	3.7	4.3	-0.6
12	Generar recibos de pago	3.9	3.7	0.2
13	Simulador de créditos	3.1	3.0	0.1
14	Solicitud académica	3.9	3.9	0.1
	Promedios	3.94	3.90	0.04
	Varianza	0.11	0.19	0.08

Figura 6.3 Percepción de usabilidad para 14 tareas.



**PT2: Hay diferencia significativa entre la eficacia de UEMWIS y HE.**

Como ya se planteó, debido a que no es posible saber de antemano los problemas de usabilidad que tiene el portal Web de la universidad para tener la totalidad de problemas de usabilidad, la medición que se hará en forma relativa comparando el porcentaje de problemas de usabilidad detectados por ambos métodos.

En la Tabla D.6 se muestra el registro de los problemas de usabilidad hallados en la prueba de inspección. Para calcular estos datos, se registraron los problemas de usabilidad reportados en el proceso de inspección sobre un conjunto de 23 tareas revisadas. Los datos obtenidos de este proceso se compararon con los datos registrados para este conjunto de tareas durante el test de usuario, y que se muestran en la Tabla 6.6.

Como se observa en la Tabla 6.13, UEMWIS encuentra más problemas de usabilidad que la HE, en un 25% más, según los datos procesados. Luego se puede concluir que para los datos analizados hay una diferencia significativa entre la cantidad de problemas de usabilidad hallados por UEMWIS con respecto a HE. Esta proposición teórica valida el

proceso de recolección de comentarios negativos sobre usabilidad para encontrar y documentar problemas de usabilidad planteado por UEMWIS cuyo cuestionario de muestra en la Figura C.2 y proceso se relaciona en la sección 6.3.3.4.3.

Tabla 6.15 Cantidad de problemas de usabilidad identificados por UEMWIS y HE

#Tarea	Descripción tarea	UEMWIS	HE
1	Actualización de datos	5	4
2	Automatrícula	18	4
3	Búsqueda de cursos virtuales	3	5
4	Consular plan de estudios	7	0
5	Consulta BD académicas	4	2
6	Consulta de noticentral	3	3
7	Consulta horarios para automatrícula	3	6
8	Consulta información bienestar	2	1
9	Consultar calendario académico	2	1
10	Consultar catalogo en línea biblioteca	6	2
11	Consultar correo electrónico	3	0
12	Consultar cursos de inglés	3	1
13	Consultar eventos	3	12
14	Consultar horarios	10	2
15	Consultar notas	11	4
16	Consultar oferta académica	1	3
17	Consultar solicitudes académicas	0	3
18	Consultar vr de créditos académicos	3	2
19	Evaluación docentes	0	9
20	Generar recibos de pago	7	7
21	Restaurar contraseña	9	4
22	Simulador de crédito	2	0
23	Solicitudes académicas	11	12
Total de problemas de usabilidad hallados		116	87

**PT3: Hay diferencia significativa entre la eficiencia de UEMWIS y HE.**

Como ya se planteó, la eficiencia de un UEM se calcula como la relación entre el número de problemas de usabilidad detectados y el tiempo total gastado en el proceso de inspección. Al respecto, en la Tabla D.7 se calcula el tiempo promedio utilizado en cada una de las 23 tareas durante el proceso de inspección. Los datos obtenidos de este proceso se compararon con los datos registrados para este conjunto de tareas durante el test de usuario, y que se muestran en la Tabla 6.7.

Como se observa en la Tabla 6.14, UEMWIS presenta mayor eficiencia en la identificación de problemas de usabilidad hallados que la HE, en un 47.36%, según los datos procesados. Luego se puede concluir que para los datos analizados hay una diferencia significativa entre la eficiencia de UEMWIS con respecto a HE.

Tabla 6.16 Eficiencia calculada por tarea para UEMWIS y HE.

#Tarea	Descripción tarea	HE			UEMWIS		
		Promedio tiempo	Cantidad Problemas Hallados	Eficiencia	Promedio tiempo	Cantidad Problemas Hallados	Eficiencia
1	Actualización de datos	10.0	4	0.40	29.80	5	0.17
2	Automatrícula	186.7	4	0.02	102.11	18	0.18
3	Búsqueda de cursos virtuales	83.5	5	0.06	30.00	3	0.10
4	Consular plan de estudios	166.3	0	0.00	37.40	7	0.19
5	Consulta BD académicas	73.3	2	0.03	19.00	4	0.21
6	Consulta de noticentral	108.3	3	0.03	11.33	3	0.26
7	Consulta horarios para auto-matrícula	141.1	6	0.04	23.80	3	0.13
8	Consulta información bienestar	25.0	1	0.04	17.00	2	0.12
9	Consultar calendario académico	164.9	1	0.01	20.60	2	0.10
10	Consultar catalogo en línea biblioteca	152.7	2	0.01	34.36	6	0.17
11	Consultar correo electrónico	72.5	0	0.00	16.93	3	0.18
12	Consultar cursos de inglés	226.5	1	0.00	40.00	3	0.08
13	Consultar eventos	52.4	12	0.23	7.80	3	0.38
14	Consultar horarios	248.0	2	0.01	31.11	10	0.32
15	Consultar notas	231.5	4	0.02	27.22	11	0.40
16	Consultar oferta académica	5.0	3	0.60	95.00	1	0.01
17	Consultar solicitudes académicas	88.6	3	0.03	17.83	0	0.00
18	Consultar vr de créditos académicos	19.0	2	0.11	20.50	3	0.15
19	Evaluación docentes	360.0	9	0.03	121.43	0	0.00
20	Generar recibos de pago	103.9	7	0.07	83.57	7	0.08
21	Restaurar contraseña	267.1	4	0.01	42.25	9	0.21
22	Simulador de crédito	12.5	0	0.00	3.00	2	0.67
23	Solicitudes académicas	55.0	12	0.22	32.14	11	0.34
Total promedios		124.08	3.78	0.09	37.57	5.04	0.19

**PT4: Hay diferencia significativa entre la facilidad de uso percibida de UEMWIS y HE**

**PT5: Hay diferencia significativa entre la satisfacción percibida empleando UEMWIS y HE**

Para estas proposiciones teóricas se desarrolló la encuesta mostrada en la Figura D.2, en la cual se incorporan las preguntas planteadas para evaluar la facilidad de uso y satisfacción de usuario percibidas. Esta encuesta se aplicó a 20 evaluadores por inspección del portal Web de la universidad y el registro de sus datos se muestran en la Tabla D.8. En esta tabla se observa que el valor de facilidad de uso percibida para UEMWIS y HE es de 4.01 y 3.84 respectivamente, lo cual muestra que los evaluadores de usabilidad del portal Web de la universidad perciben que UEMWIS es más fácil de usar. Con respecto a la satisfacción de usuario en uso, se observa que el valor para UEMWIS y HE es de 4.28 y 3.50 respectivamente, lo cual muestra que los evaluadores de usabilidad del portal Web de la universidad perciben mayor satisfacción en uso con UEMWIS.

## **6.5 Conclusiones.**

Una vez planteada, diseñada, implementada y validada la metodología de evaluación de usabilidad para WIS (UEMWIS), se concluye que:

- Se ha planteado la metodología a partir de los elementos de valoración derivados de las características propias de los tipos de UEM empíricos y de indagación estudiados en la revisión sistemática de literatura, así como de sus técnicas asociadas: test de usuario basado en tareas y encuesta de percepción de usabilidad.
- Se ha diseñado la metodología a partir de su planteamiento, incorporando la encuesta de percepción de usabilidad derivada de los sub-modelos de usabilidad planteados en la presente investigación que integran características de sistemas de información y de sistemas basados en Web.

Adicionalmente, mediante la integración de características de las metodologías planteadas por Anandhan et al (2006) y Yusuf et al (2014) se diseñaron fases y actividades que abordan en forma progresiva y ordenada el proceso de evaluación de usabilidad mediante el desarrollo de test de usuario, selección de tareas a desarrollar por parte de los sujetos de prueba, y procesamiento de sus comentarios de usabilidad, obteniendo de esta forma una nueva metodología con características que le son propias.

- Se ha implementado en forma exitosa la metodología propuesta, la cual permite evaluar en forma eficiente la usabilidad, en forma cualitativa y cuantitativa y desde dos enfoques diferentes y complementarios: usabilidad como variable independiente que explica los resultados de la interacción del usuario con el portal de la Universidad, y usabilidad como variable dependiente que permite observar las causas de presuntos problemas detectados.

El planteamiento de la metodología de evaluar la usabilidad como percepción general antes del test de usuario, plantea un mecanismo de pre-medición que permite justificar un proceso de evaluación de usabilidad posterior.

Los resultados obtenidos en la implementación han sido coherentes desde el punto de vista de los valores de los índices de usabilidad, que son explicados por las fase de evaluación de comentarios negativos de usabilidad generados en la interacción del sujeto de prueba con el sistema Web evaluado.

- Se ha validado la metodología con éxito frente a las heurísticas de Nielsen (1994) que son un uno de los métodos más usados en la industria. En forma específica se han validado los sub-modelos de usabilidad propuestos, que han sido fundamentales en el desarrollo de la metodología propuesta.

Los resultados de la validación han sido más que satisfactorios con los datos de la Universidad Central, donde la metodología propuesta superó ampliamente a la evaluación heurística en todos los aspectos de la validación.

### Conclusiones

En este capítulo se revisan los objetivos de investigación establecidos y la medida en que estos se han cumplido, planteando de esta manera las principales conclusiones que se derivan del presente trabajo. Adicionalmente se presentan las contribuciones de investigación por medio de dos artículos derivados de la presente tesis de maestría y se plantean oportunidades para futuras investigaciones.

#### 7.1 Conclusiones.

Las conclusiones planteadas en el presente capítulo se desarrollan atendiendo los objetivos planteados para la presente investigación.

**7.1.1 Objetivo 1: Clasificación de los UEMs empíricos y de indagación.** Este objetivo se relaciona con el análisis a profundidad los métodos de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación, para catalogarlos y determinar sus características principales e interrelaciones para determinar su causalidad.

Con respecto a este objetivo, se realizó un estudio sistemático de literatura sobre UEMs para investigar qué métodos de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación, se han utilizado para catalogarlos y determinar sus características principales e interrelaciones para determinar su causalidad. En este estudio se resumió la información existente respecto métodos de evaluación de usabilidad empíricos y de indagación que han sido empleadas por los investigadores para evaluar aplicaciones Web. A partir de un conjunto inicial de 452 documentos se seleccionaron 65 trabajos de investigación para el estudio.

Esos documentos fueron clasificados teniendo en cuenta varios criterios de extracción de datos: tipos de UEM utilizado, técnica de recolección de datos, tipo de WIS evaluado, fase del CVS en que se aplicaron, marco teórico de usabilidad utilizado, método de evaluación, si se usaron medidas o métricas, método de análisis de datos e información que proveían al investigador. Algunos de los hallazgos más importantes fueron:

- Los UEMs empíricos se caracterizan por la evaluación de usabilidad mediante la medición del comportamiento observado de los usuarios mientras desarrollan tareas en el software a evaluar. Estos UEM se clasifican en experimentales, observacionales, de evaluación de desempeño y de registro de entradas. Los UEMs empíricos más referenciados son los observacionales y los de evaluación del desempeño, que se caracterizan por la evaluación de la usabilidad mediante la medición del desempeño y satisfacción de usuarios reales mientras desarrollan tareas con el software a evaluar. Los últimos requieren de un laboratorio de ambiente controlado.
- Los UEMs de indagación provienen de técnicas de recolección de datos y se caracterizan por la evaluación de usabilidad mediante la medición de la percepción cualitativa y cuantitativa que los usuarios tienen sobre el software evaluado. Estos UEM se clasifican en contextuales, por grupos, individuales y participativos. El UEM de indagación dominante es el de indagación individual que se caracteriza por la evaluación de usabilidad mediante la medición de preferencias y de la satisfacción de usuario obtenida del planteamiento individual de preguntas sobre características del software a evaluar.
- Las interrelaciones halladas entre los UEMs empíricos y de indagación se relacionan con su utilización combinada reportada en evaluaciones de usabilidad. La combinación más referenciada fue la empírica de medida de desempeño combinada con la indagación individual, aplicados con las técnicas de test de usuario basado en tareas y cuestionario respectivamente. Se puede afirmar que la causalidad presentada entre los UEMs empíricos y de indagación se presenta como sigue: Cuando se aplican UEMs empíricos para la evaluar la usabilidad de un producto software mediante el desarrollo de tareas por lo usuarios, la usabilidad se evalúa desde la perspectiva del observador; y cuando se requiere adicionalmente medir la percepción de usabilidad del usuario después de desarrollar las tareas asignadas, se requiere entonces de la aplicación de UEMs de indagación.

**7.1.2 Objetivo 2: Análisis de la aplicación reportada de UEMs empíricos y de indagación.** Este objetivo se relaciona con el análisis a profundidad de la aplicación reportada de los UEMs empíricos y de indagación, para determinar cuáles han sido los más utilizados, en que fases del desarrollo se han aplicado, que información proveen al evaluador, cuáles han sido los más eficientes y en qué circunstancias. Con respecto al planteamiento de las conclusiones relacionadas con este objetivo se continúa haciendo referencia a los resultados obtenidos por el estudio sistemático de literatura referenciado en la sección anterior.

En relación con los UEMs empíricos y de indagación que han sido más utilizados, los hallazgos más importantes fueron:

- Los UEMs de indagación son más ampliamente utilizados que los UEMs empíricos.
- Con respecto a los tipos de UEMs de indagación, la indagación Individual es el tipo dominante en los trabajos estudiados. Con respecto a los tipos de UEMs empíricos, los más utilizados son los observacionales y los de evaluación de desempeño.

En relación con las fases de desarrollo del CVS (Ciclo de Vida del Sistema) en las cuales se han utilizado UEMs empíricos y de indagación, en la totalidad de los trabajos estudiados se halló que fueron aplicados en la fase de operación.

Con respecto a la información que los UEMs empíricos y de indagación proveen al evaluador, esta se encuentra relacionada con las características de los UEMs a considerar y con las técnicas utilizadas, como se relaciona a continuación:

- Los UEMs empíricos en general suministran la información que el observador registra de la conducta, desempeño, grado de interacción y satisfacción que muestran los usuarios tener cuando interactúan con el producto software evaluado mediante el desarrollo de tareas. Con respecto a las técnicas asociadas a este tipo de UEM, la más referenciada es el test de usuario que se caracteriza por suministrar información asociada al desempeño del usuario, relacionada con la efectividad, eficiencia, aprendizaje y satisfacción observadas
- Los UEMs de indagación suministran información asociada a la percepción cualitativa y cuantitativa de usabilidad del usuario, dependiendo de las técnicas de recolección de datos utilizadas. Con respecto a las técnicas asociadas a este tipo de UEM, la más referenciada es el cuestionario que se caracteriza por obtener información subjetiva de los usuarios como evidencia mediante respuestas a preguntas específicas de evaluación de un producto software.
- Adicionalmente se encontró que el tipo de información suministrada en general por los UEMs empíricos y de indagación, la mayoría proporciona información asociada a problemas de usabilidad.

Con respecto a que UEMs empíricos y de indagación han sido más eficientes, no se presentan afirmaciones concluyentes, por lo cual se requiere de más investigación en el área.

**7.1.3 Objetivo 3: Plantear un modelo de evaluación de usabilidad para WIS.** Este objetivo se relaciona con el planteamiento de un modelo de usabilidad para WIS, partiendo de las definiciones más recientes de usabilidad relacionadas con la calidad de uso y facilidad de uso, identificando atributos medibles y métricas asociadas.

En relación con este objetivo, se definió un modelo de evaluación de usabilidad Web compuesto por dos sub-modelos. El primer sub-modelo se obtuvo mediante una revisión bibliográfica e integración de dimensiones y medidas provenientes de las definiciones y características más recientes, planteadas en el enfoque de usabilidad como proceso de uso y que son una extensión del estándar ISO/IEC 9241-11 (1989) y de Nielsen (1989) entre otros. El segundo sub-modelo se obtuvo mediante una revisión bibliográfica e integración de dimensiones y medidas provenientes de las definiciones y características planteadas más recientes, en el enfoque de usabilidad como producto en uso y que son una extensión de los estándares ISO/IEC 9126 (2001) e ISO/IEC 25000 SQuaRE (2010), combinado con las dimensiones y medidas planteadas para aplicaciones Web y provenientes de modelos de desarrollo Web dentro del contexto de arquitectura dirigida por modelos. Esta integración de medidas y dimensiones se hizo atendiendo al planteamiento de Dennis (1998) quien afirma que un WIS es un sistema de información y como segunda instancia un sistema Web.

Dado que el modelo de evaluación de usabilidad planteado será usado en procesos de evaluación empírica y de indagación, para el primer tipo de evaluación se plantean métricas asociadas a la medición de efectividad y eficiencia en uso, características propias de la evaluación del desempeño del usuario cuando realiza tareas con el producto software a evaluar. Para el segundo tipo de evaluación se plantean medidas de percepción de usabilidad sobre las dimensiones de contenido, presentación, navegación y adaptación. La definición de cada sub-modelo se culmina con su modelo SEM correspondiente y con el diseño de una encuesta que permita obtener para éste las medidas asociadas a sus variables observadas, para la evaluación del ajuste del modelo y su posterior uso.

**7.1.4 Objetivo 4: Validar la metodología de evaluación planteada.** Este objetivo se relaciona con la validación de la metodología de evaluación planteada, efectuando pruebas empíricas de usabilidad, por medio de un caso de estudio en una entidad universitaria.

En relación con este objetivo, se tomaron y adaptaron algunos elementos definidos y considerados por Fernández (2012) en un proceso de validación empírica experimental, y con estos se desarrolló un estudio de caso para efectuar una validación empírica mediante la evaluación de eficacia, eficiencia, facilidad de uso percibida y satisfacción de uso

percibidas cuando se usa la metodología de evaluación de usabilidad para WIS propuesta (UEMWIS) comparada con la evaluación heurística (HE) de Nielsen (1994) ampliamente utilizada en la industria.

Los resultados del análisis cuantitativo mostraron que UEMWIS y HE obtuvieron el mismo valor de percepción de usabilidad entre los estudiantes que actuaron como sujetos de prueba e inspectores de usabilidad, pero que UEMWIS fue más eficaz, eficiente, fácil de usar y más satisfactorio en su uso que HE.

Desde una perspectiva práctica la validación empírica realizada sólo proporciona resultados preliminares sobre la utilidad de UEMWIS, ya que sólo son válidos en el contexto establecido del caso de estudio. Por lo tanto para poder concluir sobre la utilidad general de los sub-modelos de evaluación de usabilidad y de la metodología propuesta es necesario efectuar más estudios empíricos en otros contextos.

## **7.2 Publicaciones relacionadas.**

El trabajo relacionado con esta tesis de maestría fue presentado en dos conferencias nacionales GSTIC de la Universidad Nacional de Colombia:

- Métodos de Evaluación de Usabilidad para Sistemas de Información Web: Una revisión. Manizalez, 2013.
- Características de usabilidad en WIS desde el enfoque MDA: una perspectiva de usuario. Bogotá, 2015.

## **7.3 Investigaciones futuras.**

El presente trabajo crea oportunidades de investigación en el área. A continuación se plantean las más significativas a juicio del investigador:

- Revisión y actualización de las dimensiones y medidas planteadas en los sub-modelos de evaluación de usabilidad.

- Planteamiento de una herramienta computacional que evalúe la usabilidad en forma automática basada en las dimensiones y medidas de los sub-modelos de usabilidad planteados en la presente investigación.
- Ampliación de dimensiones y medidas consideradas en el presente trabajo de investigación.
- Planteamiento de metodologías de evaluación de tipo heurístico basadas en la encuesta de evaluación de percepción de usabilidad como guía de evaluación.

### **Anexo A. Planilla de control de la revisión sistemática de literatura.**

Este anexo contiene la planilla de control usada en el estudio de la revisión sistemática de literatura sobre UEMs.

Tabla A.1. Planilla de control de revisión de UEMs empíricos y de indagación aplicados en la evaluación de usabilidad de WIS

#	Autor	Tipo de UEM utilizado	Técnica de recolección de datos	Tipo de WIS evaluado	Fase del CVS	Marco Teórico de usabilidad	Modelo de evaluación	Método de análisis de datos	Información que provee el UEM
1	Jaspers et al., 2004 Cit-144	Empírico: Observacional - Indagación individual	Pensar en voz alta - Registro de video - Cuestionario Likert-5	Sitio Web médico	Análisis de requisitos	Nielsen, 1993	Modelo del sistema cognitivo humano. Cuestionario QUIS	Alfa de Crombach	Problemas de usabilidad de GUI.
2	Krahmer & Ummelen, 2004 Cit-80	Empírico: Experimental	Pensar en voz alta - Registro de video	Sitio Web de Mulisch	Operación	Nielsen, 1993, 1994.	Protocolos de Ericsson & Simon (1993) y de Boren & Ramey (2000)	ANOVA	Problemas de usabilidad. Se desarrollan mas tareas con el enfoque de Boren & Ramey (2000).
3	Sandvig & Bajwa, 2004. Cit-30	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual	Test de usuario - Cuestionario Likert-5	9 Portales Web universitarios	Operación	Nielsen, 2000	Cuestionario IBM, Computer Usability Satisfaction Questionnaire (CUSQ)	ANOVA Diferencias de medias, Análisis Chi-Cuadrado.	Preferencia del usuario de navegación sobre búsqueda. Sugerencias de diseño al respecto.
4	Van den Haak et al., 2004 Cit-87	Empírico: Experimental - Indagación individual	Pensar en voz alta - Registro video - Interacción constructiva - Cuestionario Likert-5	Sitio Web de catálogo de biblioteca universitaria	Operación	Nielsen, 1993.	Protocolos de Ericsson & Simon (1993) y de Boren & Ramey (2000)	ANOVA, Media y desviación estandar	Hay mayor preferencia del protocolo pensar en voz alta concurrente. Problemas de diseño y usabilidad..
5	Anandhan et al., 2006. Cit-12	Empírico: Observacional - Indagación individual	Test de usuario - Cuestionario	ERS (Electronic Review System).	Operación	Nielsen, 2001	Método CARE (Cheap, Accurate, Reliable, Efficient)	Evaluación empírica cualitativa.	Problemas de navegación, mensajes y satisfacción de usuario

6	Christoun et al. 2006. Cit-8	Indagación individual	Encuesta Likert-5	Portal Web colegio	Operación	Holzinger, 2005	No presenta	SPSS- Alfa de Crombach	Problemas de búsqueda que generan baja satisfacción del usuario.
7	Meiselwitz & Trajkovski, 2006. Cit- 5	Empírico: Observacional - Indagación individual	Encuesta Likert-5	Sitio Web de aprendizaje electrónico	Operación	No presenta.	Cuestionario WLUQ	ANOVA	Las competencias previas del usuario en computadores aumentan la usabilidad
8	Fang & Holsapple, 2007. Cit-125	Empírico: Experimental - Indagación individual	Test de usuario, Cuestionario Likert-7	Sistema de información de gestión de producción y operación	Operación	Nielsen, 2002; Preece, 1994; Schneiderman, 1998	Ad hoc	Análisis Chi-Cuadrado, MANOVA, Alfa de Crombach	La semántica de la estructura de navegación y complejidad de la tarea afecta la usabilidad.
9	Jinling & Huan, 2007. Cit-2	Indagación individual	Encuesta - Escala no reportada.	5 Sitios Web B2C comerciales	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1992. Gray & Salzman, 1998.	MUG, Guías de usabilidad de Microsoft	Media	Problemas: información no actualizada en algunos sitios. Falta de ayuda.
10	Wang & Liu, 2007. Cit-11	Indagación individual	Encuesta - Escala no reportada.	5 Sitios Web de comercio electrónico, B2C	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1992	MUG, Guías de usabilidad de Microsoft	Media	Positivo: facilidad de uso, contenido, navegación. Problemas: Capacidad de respuesta.
11	Chaparro, 2008. Cit-7	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual	Test de usuario - Registro video - Cuestionario likert-5 Encuesta - Entrevista.	Portal Web universitario	Operación	Nielsen, 2008	No presenta	Media	Problemas de contenido, iconos GUI, búsqueda, personalización.
12	Lencastre & Chaves, 2008. Cit-14	Indagación individual	Encuesta Likert-5	Portal Web universitario	Operación	Shackel, 1991; Nielsen, 2000; ISO/IEC	Nielsen, 2000	Moda y media	La usabilidad depende del usuario

						9241-11, 1998.			
13	Massey et al., 2008. Cit-4	Indagación individual	Encuesta Likert-5	Portal Web universitario	Operación.	ISO/IEC 9241-11, 1998	Disposición para tecnología (TechnologyRea diness, TRI). MUG, Guías de usabilidad de Microsoft	Análisis de factores, rotación varimax. Media.	Problemas: contenido. Género, edad y experiencia Web no afectan usabilidad.
14	Mustafa y Al- Zoua'bi, 2008. Cit-23	Indagación individual	Encuesta Likert-5	9 Portales Web universitario	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998	No reporta	Promedio	Evaluación: Alta por: legibilidad y organización de contenido, Media: navegación y links, Moderada: información, GUI y efectividad
15	Hart & Portwood, 2009. Cit-4	Empírico: Observacional - Indagación individual	Test de usuario - Cuestionario Likert- 10	Sitio Web de comunicación de profesionales	Operación.	Williams, 2000; Farkas y Farkas, 2000.	Ad hoc	Promedio.	Problemas: navegación, ayuda, presentación.
16	Moore et al., 2009. Cit-20	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual	Pensar en voz alta,- Registro de video - Entrevista - Cuestionario	Portal Web médico	Operación	Nielsen, 2000.	No presenta	Promedio	Problemas de interpretación de contenido médico, vínculos hacia fuera del sitio. Positiva confiabilidad de información.
17	Nathan & Yeow, 2009. Cit-10	Empírico: Experimental -Indagación individual	Encuesta Likert-5	36 portales Web comerciales	Operación	Dix, 1993; Nielsen, 2001	Ad hoc	ANOVA, Test t y regresión lineal múltiple	La estética de la GUI del WIS afecta su usabilidad.

18	Swaak et al., 2009 Cit-7	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual	Pensar en voz alta Likert-5 - Cuestionario	Portal Web de servicio de hosting	Operación	Davis, 1989	Modelo de aceptación tecnológica	Alfa de Crombach, análisis de regresión	El diseño atractivo contribuye a la confianza del usuario, mientras que la utilidad de la información no.
19	Cooke, 2010. Cit-33	Empírico: Evaluación de desempeño	Pensar en voz alta - Registro en video.	Portal Web de gobierno electrónico estatal.	Operación	.	No presenta.	Pi de Scott.	Páginas sobrecargadas con vínculos. Comportamiento del usuario.
20	Granić & Marangunić 2010. Cit-3.	Empírico: Experimental -Indagación individual	Test de usuario - Cuestionario Likert-5 -Entrevista	4 Portales Web de amplio alcance de mercadeo	Operación	Bevan and Macleod, 1994; Nielsen 1993;.	Cuestionario SUS.	Media, Chi-Cuadrado, desviación estándar,.	Buena calidad de estructura de información y buena estética y navegación.
21	Huang & Li, 2010 Cit-4	Indagación individual	.ntrevista -Encuesta - Escala no reportada	Portal Web C2C de comercio electrónico	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998; Nielsen, 2003	MUG, Guías de usabilidad de Microsoft	Alfa de Crombach, Análisis factorial exploratorio	Validación del modelo propuesto.
22	Lodhi, 2010 Cit-12	Indagación Individual	Encuesta - Escala de 0 a 8 o más	5 Portales Web universitarios	Operación	Nielsen, 2005	10 Heurísticas de Nielsen	Media	Problema: deficiencias en recuperación de errores y control de usuario.
23	Nariman, 2010. Cit-0.	Indagación Individual	Encuesta Likert-5	Portal Web de gobierno electrónico.	Operación.	No presenta.	Directrices de usabilidad del Depto. de Salud de U.S.	Test de Kruskal-Wallis, estadística descriptiva.	Facilidad de operación.
24	Olmsted-Hawala et al., 2010 Cit-9.	Empírico: Observacional.	Pensar en Voz alta - Grabación en video.	Sitio Web de difusión de datos federal. Gobierno electrónico.	Operación	Nielsen, 1993.	Ericsson & Simon, 1993. Boren y Ramey, 2000.	Medias	No existe diferencia estadística entre los modelos de Ericson & Simon, 1993 y Boren & Ramey,

									2000.
25	Otaiza et al., 2010 Cit-31	Indagación Individual.	Pensar en voz alta - co-descubrimiento.	3 Portales Web transaccionales	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998; Nielsen, 2005.	Heurísticas de Nielsen, 2005.	Promedio.	Problemas de consistencia, estética y navegación.
26	Zainudin et al., 2010 Cit-4.	Empírico: Observacional. Indagación individual.	Pensar en voz alta - Cuestionario Likert-5	Portal Web de comercio electrónico, C2C.	Operación	Preece, 2002; Nielsen 2000.	Modelo de Jamshidi, 2008.	Media, desviación estándar.	Problemas de consistencia, navegación, contenido, respuesta, seguridad y apariencia.
27	Romano et al., 2011. Cit-9	Empírico: Evaluación de desempeño. Indagación individual.	Pensar en voz alta - Registro en video Cuestionario Likert -9	Sitio Web de gobierno electrónico.	Operación	Nielsen, 1993.	Cuestionario QUIS.	Promedio	Problemas de comprensión de la información.
28	Ekşioğlu et al., 2011. Cit-3.	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual	Test de usuario - Cuestionario Likert-7	Portal Web universitario	Operación	Nielsen, 2000	Directrices de usabilidad del Depto. de Salud de U.S.	ANOVA	Problemas de búsqueda, arquitectura de la información y facilidad de uso.
29	Nicolson et al., 2011 Cit-7	Empírico: Observacional - Indagación individual.	Test de usuario - Pensar en voz alta - Observación - Registro en video - Entrevista	5 Portales Web de información de medicinas	Operación	Nielsen, 1993; Preece et al., 2002	Ad hoc	Promedio	Problemas: tablas de contenido, navegación, asistencia, información, fiabilidad, presentación
30	Yeratziotis et al., 2011 Cit-4	Empírico: Observacional.	Test de usuario	Redes Sociales de la Salud en línea	Operación	Hertzum, 2004	Ad hoc	Promedio	Problemas de seguridad, confianza, retro- alimentación, errores, ayuda y documentación. Recomendaciones
31	Chofa et al., 2012	Indagación individual.	Encuesta Likert-4	Portales Web bancarios	Operación	Hombaek (2006), Abran	Ad hoc	Análisis de regresión	Propuesta de diseño nuevas pantallas

	Cit-1					(2003) Bevan (2001).			para el sitio Web.
32	Hasan, 2012 Cit-8	Indagación individual.	Encuesta Likert-7	9 Portales Web universitarios	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998; Nielsen, 2005.	Ad hoc	Promedio	Positivo: contenido y navegación. Negativo: diseño. Sugerencias de conexión con redes sociales..
33	Manzoor & Hussain 2012. Cit-3	Indagación individual.	Encuesta. Escala no reportada.	10 portales Web universitarios	Operación	Nielsen, 1994	WUEM – 17 medidas.	Promedio	Problemas de: navegación, diseño de páginas, multilinguaje, contenido y opción de impresión.
34	Mentes & Turan, 2012 Cit-13	Indagación individual.	Encuesta Likert-5	Sitio Web Universitario	Operación	Shneiderman, 1998; Nielsen, 2000.	Cuestionario WAMMI	Promedio, regresión lineal	La usabilidad del sitio web se asocia positivamente con su atractivo, utilidad, eficiencia y facilidad de aprendizaje y rechaza con lo controlable.
35	Yammiyavar & Deshpande, 2012 Cit-1	Indagación individual.	Cuestionario Likert-5	Portal Web de aprendizaje electrónico	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998	No presenta.	Promedio	Efectividad, facilidad de uso, placer, efectividad y eficiencia.
36	Afonso et al., 2013 Cit-0	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual.	Entrevista, Pensar en voz alta - Registro de interacción.	Portal Web universitario	Operación	Nielsen, 2012.	No presenta	ANOVA, desviación estándar, promedio, mínimo, máximo	Problemas: navegación, eficiencia, acceso a información
37	Al-Badi et al., 2013 Cit-7	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual	Pensar en voz alta - Notas de observador - Cuestionario.	Sitio de redes sociales, LinkedIn	Operación	Nielsen, 1990, 1993. 2003	No presenta	Promedio	Problemas: terminología confusa, ubicación de vínculos,

									dificultad de realizar tareas
38	AlRoobaea et al., 2013 Cit-5	Empírico: Experimental - Evaluación de desempeño. -Indagación participativa.	Grupo focal - Pensar en voz alta - Cronómetro Cuestionario.	Sitios Web de redes sociales	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998	Ad hoc	ANOVA, correlación de Pearson	Problemas: seguridad y privacidad, apoyo empresarial, accesabilidad y compatibilidad.
39	Breakey et al., 2013. Cit-3	Empírico: Observacional - Indagación individual.	Pensar en voz alta - Registro en video - Entrevista.	Portal Web médico	Operación	Nielsen, 1993.	No presenta	Media, varianza y frecuencia	Positivo: estética, contenido, credibilidad. Problemas: comprensión de imágenes,
40	Goh et al., 2013 Cit-14	Empírico: Observacional .	Pensar en voz alta - Registro en video.	Portal Web de comercio electrónico	Operación	Bevan, 2008.	No presenta	Promedio	Problemas: Lenguaje y contenido, soporte y guía al usuario, flexibilidad y control, claridad visual, consistencia, navegación, funcionalidad y retroalimentación.
41	Hassan, 2013a. Cit-3	Empírico: Observacional - Indagación individual.	Test de usuario - Registro en video. Cuestionario. Likert-5.	Sistema de administración de recepción de papers	Operación	Nielsen, 2003	Cuestionario Post-test Computer System Usability Questionnaire (CSUQ).	Media y desviación estándar	Problemas por tarea: página principal, diseño de páginas, entrada de datos e interpretación de información.
42	Hasan et al., 2013b. Cit-4	Empírico: Observacional - Indagación individual.	Test de usuario - Registro en video - Cuestionario abierto.	Sitio Web de comercio electrónico	Operación	Nielsen, 2003;	CSUQ. Camtasia	Conteo de problemas de usabilidad	Problemas: navegación y diseño.
43	Li et al., 2013.	Empírico:	Pensar en voz alta -	Sitio Web de	Operación	Nielsen,	Cuestionario	Promedio	Problemas: entrega

	Cit-9	Observacional - Indagación individual.	Registro en video - Cuestionario Likert-5	investigación médica		2009	SUS.		de información, control de navegación, diseño y estética
44	Lynch et al., 2013. Cit-4	Empírico: Observacional - Indagación individual	Test de usuario - Registro en video Encuesta Likert-5	12 Sitios Web	Operación	Nielsen, 1990; .	Cuestionario SUS	ANOVA	Problemas: Legibilidad, navegación, contenido, organización y accesibilidad, en algunos sitios Web.
45	McDonald et al., 2013	Empírico: Observacional - Indagación individual.	Pensar en voz alta - Registro en video - Cuestionario.	Sitio Web de una enciclopedia	Operación	Ericsson &Simon, 1993	No presenta	ANOVA	No hay relación entre el protocolo pensar en voz alta y desempeño de navegación
46	Tee et al., 2013. Cit-2.	Indagación participativa.	Entrevista a grupo focal -Cuestionario abierto.	Sitio Web de aprendizaje electrónico, Moodle	Operación	Bevan, 2006	No presenta	Promedio	Problemas: presentación poco atractiva, falta de ayuda. Positivo: facilidad de búsqueda, reconocimiento inadecuado,
47	Tüziün, et al. 2013. Cit-3.	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual.	Pensar en voz alta - Registros de voz - Cuestionario, abierto - Entrevista.	Portal Web universitario	Operación	Nielsen, 2000	No presenta	Mínimo, máximo, rango, promedio	Problemas: Diseño de menús, texto, vínculos, navegación. Sitio Web desorganizado.
48	Alroobaea & Mayhew, 2014. Cit-4	Empírico: Experimental -Indagación individual.	Pensar en voz alta - Cuestionario abierto.	3 sitios web educativos e- learning. Google+ y LinkedIn	Operación	Nielsen, 1993	Lista de chequeo Ad hoc	Medias, T- test	Problemas de navegación, distribución de la presentación, calidad de contenido, aprendizaje, satisfacción.

49	Basher et al. 2014. Cit-0.	Empírico: Observacional - Indagación individual.	Pensar en voz alta - Notas -Cuestionario abierto - Entrevista	Portal Web universitario	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998; Nielsen, 1993	No presenta	Promedio	Problemas: Contenido desactualizado, profundidad de navegación, vínculos no significativos
50	Dauids, 2015. Cit-1	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual.	Test de usuario - Registro de video - Cuestionario Likert-7	Sitio Web de aprendizaje electrónico	Operación	No presenta.	Cuestionario System Usability Scale, SUS	Test T, test de Fisher	Problemas de navegación
51	Do Canto & Da Rosa, 2014 Cit-0	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación participativa.	Grupo focal - Test de usuario - Escala de 4 puntos.	2 Portales Web de gobierno electrónico	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998; Nielsen, 2008	Ad hoc	Promedio	Problemas: ausencia de mapa de navegación e información de localización
52	Hasan, 2014a Cit-1	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual.	Test de usuario - Registro de video - Cuestionario Likert-7	3 Sitios Web universitarios	Operación	Nielsen, 1993; ISO/IEC 9241-11, 1998	No presenta	Promedio	Problemas: navegación, lenguaje, contenido, presentación.
53	Hasan, 2014b Cit-6.	Indagación individual.	Encuesta - Cuestionario Likert-7.	9 Portales Web universitarios	Operación	Agarwal & Venkatesh 2002; Nielsen, 2003.	No presenta	Promedio ANOVA	Satisfacción con el contenido y navegación. Problema: diseño de los portales.
54	Hasan, 2014c Cit-1	Evaluación individual.	Test de usuario - Cuestionario Likert-7.	3 Sitios Web universitarios	Operación	Holzinger, 2005; Nielsen, 1993.	No presenta	ANOVA	Problemas: navegación, diseño, contenido y facilidad de uso.
55	Hertzum et al., 2014 Cit-12	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación por grupos	Pensar en voz alta - Registro en video.	Portal de comercio electrónico	Operación	Nielsen, 1993.	No reportado.	Modelo de Poisson, promedio	El efecto evaluador persiste en sesiones moderadas y no moderadas.
56	Koohang &	Indagación individual.	Encuesta Likert-5	Curso	Operación	Shackel,	Ad hoc	SPSS,	Las dimensiones

	Paliszkievicz, 2014 Cit-1			electrónico.		1991; Nielsen, 1993; ISO/IEC 9241-11, ISO/IEC 9126, 2001.		Análisis de factores	evaluadas se ajustan al modelo.
57	Roy et al. 2014. Cit-0	Empírico: Evaluación de desempeño - Indagación individual.	Test de usuario - Registro en video - Cuestionario Likert-7.	3 Portales Web universitarios	Operación	No presenta.	Cuestionario ASQ y WAMMI	Promedio, Test T, ANOVA	Alta satisfacción de usuarios.
58	Yusuf et al., 2014 Cit-0	Empírico: Evaluación de desempeño. - Indagación individual.	Test de usuario - Cuestionario - Entrevista.	Portal Web de gobierno electrónico	Operación	Shackel, 1991; ISO/IEC 9241-11, Nielsen, 2007	No reportado	Evaluación empírica cualitativa.	Problemas: comprensión del diseño, necesidad de ayuda, menús, vínculos y validación de datos.
59	Venkatesh et al., 2014	Indagación individual.	Encuesta Likert-7	Portal Web Obamacare	Operación	Nielsen, 1994	Guías de usabilidad de HHS, healthcare.gov		Estimación de modelo de usabilidad.
60	Berry et al., 2015. Cit-0	Empírico: observacional - Indagación individual.	Pensar en voz alta - Registro en notas de campo - Cuestionario Likert-5	Portal web médico, e-salud	Operación	Nielsen, 1994	AcceptabilityE-Scale	Frecuencia, media, mínimo, desviación estándar	Problemas: interpretación, navegación.
61	Hanrath & Kottman, 2015. Cit-1	Empírico: observacional -Indagación individual.	Pensar en voz alta - Registro en video - Cuestionario abierto.	Portal Web. Biblioteca universitaria. Contenido en línea.	Operación	Nielsen, 2009	No presenta	Media, mínimo, máximo, desviación estándar	Problemas de búsqueda compleja y navegación.
62	Panda et al., 2015. Cit-1	Empírico: Observacional - Evaluación de desempeño - Indagación individual	Test de usuario - Grabación de video - Encuesta - Cuestionario Likert-7	10 Portales Web de comercio electrónico.	Operación	Nielsen, 2000; Preece, 2002; Agarwal&Venkatesh, 2002.	Ad hoc	ANOVA	Positivo: diseño, contenido y navegación. Problemas: consistencia.

63	Paz et al., 2015. Cit-0	Empírico: Observacional - Indagación de desempeño - Indagación individual	Pensar en voz alta - Grabación de video - Cuestionario.	Sitio Web transaccional de hotel	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998; Nielsen, 1995, ISO/IEC 9126, 2001.	No presenta	Promedio	Problemas: contenido.
64	Sousa et al., 2015. Cit-0	Empírico: Evaluación de desempeño. Indagación individual	Test de usuario - Cuestionario Escala de 1-5.	Sitio Web médico, e- terapéutico	Operación	ISO/IEC 9241-11, 1998	Cuestionario de usabilidad Next.Step, NSUQ	Correlación d Spearman, test de Mann- Whitney	Satisfacción, eficiencia y efectividad positivas.
65	Suwawi et al., 2015 Cit-0	Indagación individual	Encuesta	Portal Web universitario	Operación	ISO/IEC 9126, 2001	Modelo de Kano	Correlación de Pearson, alfa de Cronbach, índices de Kano.	Problemas: disponibilidad del sitio, información actualizada, clara, accesible y comprensible.

Fuente: Elaboración propia

**Anexo B. Tablas de planteamiento del modelo propuesto.** Este anexo contiene las tablas asociadas al planteamiento de los sub-modelos de evaluación de usabilidad propuestos en la presente investigación.

Tabla B.1 Preguntas de evaluación de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso.

Característica de Usabilidad	Medida	Definición de medida	Nro. Pregunta	Descripción pregunta
Efectividad	Necesidad de ayuda en línea	Grado en que ayuda en línea permite al usuario comprender qué procedimientos tienen que ser seguidos para llevar a cabo sus con el mínimo de interrupciones	P1	¿Se pueden desarrollar las tareas sin necesidad de ayuda en línea?
	Completes de la ayuda en línea	Grado de cubrimiento de problemas de la ayuda en línea, que los usuarios puedan tener durante su interacción	P2	¿Cuándo se requiere, la ayuda en línea cubre todos los problemas que se pueden tener durante la interacción?
	Completes de tarea	Porcentaje de tareas completadas satisfactoriamente por los usuarios	P3	¿Las tareas desarrolladas siempre se completan satisfactoriamente?
	Grado de precisión	Porcentaje de usuarios completando sus tareas correctamente.	P4	¿Las tareas se ejecutan correctamente siguiendo los procedimientos establecidos?
Eficiencia	Cantidad de tareas completadas por unidad de tiempo	Cantidad de tareas ejecutadas correctamente por unidad de tiempo. con exactitud y exhaustividad	P5	¿Las tareas se realizan correctamente en un tiempo aceptable?
	Carga de trabajo del usuario	Tiempo gastado para terminar una tarea	P6	¿Las tareas se realizan de manera rápida e intuitiva?
	Carga del sistema	Grado en procesos externos pueden afectar el funcionamiento correcto de la aplicación Web	P7	¿El funcionamiento del portal es eficiente debido a que no se afecta por aplicaciones externas?
	Esfuerzo mental del usuario	Grado en que el software produce resultados adecuados en retorno por el esfuerzo mental del usuario	P8	¿El desempeño del portal es adecuado al esfuerzo mental invertido para desarrollar las tareas?
	Limitaciones del usuario	Grado de adaptación del sistema a limitaciones del usuario	P9	¿El portal se adapta a limitaciones del usuario tales como el contexto cultural?

Tabla B.1 Preguntas de evaluación de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso (Continuación)

Característica de Usabilidad	Medida	Definición de medida	Nro. Pregunta	Descripción pregunta
Satisfacción	Utilidad percibida	Grado en que la respuesta de la aplicación Web justifica las necesidades que llevan a usarla	P10	¿El portal responde a las necesidades que llevaron a su uso, es decir es útil?
	GUI atractiva		P11	¿La interface gráfica es atractiva?
	Calidad de resultados	Grado en que los resultados obtenidos por los usuarios después de la interacción son deseables	P12	¿Los resultados obtenidos después de la interacción son deseables?
	Credibilidad de la información	Grado en que los usuarios perciben la información como verdadera	P13	¿La información se percibe como verdadera y probada?
	Confianza		P14	¿El portal produce confianza debido a que no se presentan errores?
Aprendizaje	Enlaces/controles significativos	Grado de predicción de la siguiente acción de acuerdo al nombre de vínculos y controles	P15	¿Es posible predecir acciones de acuerdo al nombre de vínculos y controles?
	Determinación de acciones relevantes	Grado de facilidad con que un usuario clara y rápidamente reconoce qué acciones son más relevantes	P16	¿Es fácil reconocer clara y rápidamente en la interfaz las acciones más relevantes del portal?
	Realimentación inmediata	Grado en que los elementos de interacción proporcionan información sobre su estado	P17	Los elementos de la interfaz proporcionan información sobre el estado actual de las transacciones?
	Utilidad de los mensajes		P18	¿Los mensajes son útiles y significativos para interactuar correctamente (error, asesoría y mensajes de advertencia)?

Tabla B.2 Preguntas de evaluación de usabilidad de la dimensión Contenido desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.

Medida	Descripción de medida	Nro. Pregunta	Descripción Pregunta
Consistencia	Grado en que la información se presenta en un formato ordenado y es compatible con datos anteriores o con otra información contenida en el mismo lugar.	P19	¿La definición, formato y valor de los datos se presenta de la misma forma en las diferentes páginas?
Concisión	Grado en que la información se representa de forma breve pero completa y fácil de entender	P20	¿Los datos se presentan en forma breve y específica?
Interpretable	Grado en que los datos pueden ser presentados de una manera comprensible, mediante el uso de definiciones inequívocas y vocabularios representados en el lenguaje apropiado, con símbolos, unidades y definiciones claras	P21	¿Los datos se pueden interpretar correctamente en el contexto de las necesidades del usuario?
Actualizado	Grado en que la información es suficientemente oportuna y actualizada a la fecha para el desarrollo de tareas	P22	¿La información que se presenta se encuentra actualizada?
Significativo	Grado en que los datos son claros, sin ambigüedades, fácilmente comprendidos y que se expresan junto con los símbolos y unidades apropiadas	P23	¿La información que se presenta es importante y significativa de acuerdo a las necesidades del usuario?
Adaptación a las necesidades del usuario		P24	¿La información presentada se adapta a las necesidades particulares del usuario?

Tabla B.3 Preguntas de evaluación de usabilidad de la dimensión Presentación desde enfoques de producto en uso y sistema Web

Medida	Descripción de medida	Nro. Pregunta	Descripción Pregunta
Uniformidad del color	Color utilizado en cada elemento de la interfaz de usuario de tal manera que asegure coherencia visual de elementos en las páginas	P25	¿El color utilizado en cada elemento de lka interfaz de usuario es siempre el mismo?
Uniformidad de distribución de GUI	Distribución de elementos en la GUI en forma consistente, para facilitar las tareas de usuario	P26	¿Las secciones en que la interfaz se divide son las mismas en todo el portal?
Consistencia de enlaces y controles	Comportamiento constante de enlaces y controles realizando acciones	P27	¿Los enlaces y controles tienen siempre el mismo comportamiento?
Compatibilidad con software externo	Compatibilidad con productos software fuera de la aplicación, tales como navegadores	P28	¿El portal se ejecuta en los navegadores más comunes, sin alterar su comportamiento y apariencia?
Legibilidad de la información	Que tan legibles son los textos en lo que respecta a tamaño de fuente, contraste y color de fondo	P29	¿La información puede ser leída fácilmente de acuerdo de acuerdo a su tamaño y contraste entre el color del texto y el color del fondo?
Establecimiento de valores por defecto en la GUI	Visualización en la GUI de valores predeterminados cada vez que una acción por defecto pueda ser definida para acelerar la entrada de datos	P30	¿Para el ingreso de información, los atributos que lo requieren muestran valor por defecto?
Validación de datos en la GUI	Uso de la GUI para detectar los errores de los usuarios y sugerir correcciones	P31	¿Los datos ingresados son validados en la interfaz?
Privacidad de la información	Control del usuario sobre la adquisición, divulgación y uso personal de la información	P32	¿La información se presenta de acuerdo a la privacidad del usuario?
Modificación posterior de datos ingresados		P33	El contenido insertado por el usuario puede ser modificado con posterioridad?
Familiaridad	Facilidad en que el usuario reconoce los componentes de la GUI y ve su interacción como natural	P34	¿Las etiquetas de los campos de datos muestran nombres obvios y significativos?

Tabla B.3 Preguntas de evaluación de usabilidad de la dimensión Presentación desde enfoques de producto en uso y sistema Web (Continuación)

Medida	Descripción de medida	Nro. Pregunta	Descripción Pregunta
Personalización	Grado en que la GUI se adapta a las necesidades de los usuarios	P35	¿Se puede personalizar la apariencia de la interfaz de usuario (color, estilos, temas)?
Control en la ejecución	Presencia de acciones tales como cancelar y deshacer.	P36	¿Las acciones pueden ser canceladas o desechas sin perjudicar la operación normal en el desarrollo de tareas?
Adaptación a las necesidades del usuario		P37	¿La presentación de la información se adapta a los conocimientos actuales, objetivos y otras características del usuario que la visita?

Tabla B.4 Preguntas de evaluación de la dimensión Navegación desde enfoques de producto en uso y sistema Web.

Medida	Descripción de medida	Nro. Pregunta	Descripción Pregunta
Disponibilidad de búsqueda interna	Grado en que se proporciona una función de búsqueda de contenido en todas las páginas con el fin de ofrecer más vías de navegación	P38	¿Todas las páginas proporcionan función de búsqueda para acceder a los contenidos sin tener que navegar?
Ubicación del usuario en el mapa de navegación	Ubicación del usuario en el <i>en el mapa de navegación del</i> sitio Web para que este comprenda donde se encuentra y pueda pasar a la siguiente actividad	P39	¿El portal muestra la ubicación del usuario en el mapa de navegación?
Página de inicio muestra las opciones principales	Grado en que la página principal muestra las opciones y enlaces más importantes del sitio para que los usuarios no deban desplazarse hasta segundo o tener nivel para descubrir la amplitud de opciones del sitio Web	P40	¿La página de inicio muestra las opciones principales del portal mediante vínculos apropiados?
Menús de navegación, en el panel izquierdo	Grado en que se presenta la ubicación del menú principal de navegación en el panel izquierdo para lograr tiempos de navegación más rápidos	P41	¿La ubicación de los menús primarios de navegación se encuentran en el panel izquierdo?
Enlaces significativos	Grado en que las etiquetas de enlaces son significativos, comprensibles y fácilmente diferenciables por los usuarios para el desarrollo de sus tareas	P42	¿El texto de las etiquetas de enlaces es obvio, significativo, comprensible y fácilmente diferenciable?
Enlaces rotos internos y externos	Grado en que se presentan links rotos, tanto internos como externos, que pueden afectar negativamente la credibilidad del WIS	P43	¿La navegación es consistente debido a que nunca se presentan enlaces rotos internos y externos en el portal?
Páginas huérfanas	Grado en que se presentan páginas que no tienen enlace interno al sitio donde se incluyen o que tienen enlaces internos rotos o que a pesar de tener enlaces externos éstos no permitirán navegar dentro de las páginas internas del sitio	P44	¿La navegación es consistente debido a que nunca se presentan páginas huérfanas (sin retorno a las páginas que las vinculan) en este portal?
Acceso a página de inicio desde cualquier lugar	Grado en que se proporciona desde cada página un enlace para volver a la página principal para el usuario desorientado o para iniciar una nueva tarea de búsqueda	P45	¿Se tiene acceso a la página de inicio desde cualquier lugar del portal?
Procesamiento dinámico de vínculos.	Grado en que se utilizar cambios de color para indicar a los usuarios que enlaces han sido visitados y mejorar así la velocidad en la búsqueda de información	P46	¿Los enlaces en cada página navegada alteran su apariencia, en relación al uso, objetivos, conocimientos y preferencias?

Figura B.1. Cuestionario para encuesta de percepción de usabilidad del portal Web de la Universidad

LOGO DE UNIVERSIDAD	ENCUESTA DE PERCEPCION DE USABILIDAD DEL PORTAL WEB DE LA UNIVERISDAD				
Programa de estudios: _____					
Sexo: (M) (F)      Edad: _____      Horas semanales de uso del computador: _____					
Horas semanales de uso de internet: _____      Meses de uso de Portal: _____					
#P	Pregunta	Totalmente en < --- >			Totalmente de acuerdo
<i>Efectividad en uso (Effectiveness): De define como la precisión e integridad en el logro de metas por parte del usuario.</i>					
P1	¿Se pueden desarrollar las tareas sin necesidad de ayuda en línea?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P2	¿Cuándo se requiere, la ayuda en línea cubre todos problemas que se puedan tener durante la interacción?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P3	¿Las tareas desarrolladas siempre se completan satisfactoriamente?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P4	¿Las tareas se ejecutan correctamente siguiendo los procedimientos establecidos?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
<i>Eficiencia en uso: Se define como el logro de un efecto con un mínimo de recursos.</i>					
P5	¿Las tareas se realizan correctamente en un tiempo aceptable?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P6	¿Las tareas se realizan de manera rápida e intuitiva?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P7	¿El funcionamiento del portal es eficiente debido a que no se afecta por aplicaciones externas?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P8	¿El desempeño del portal es adecuado al esfuerzo mental invertido para desarrollar tareas?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P9	¿El portal se adapta a limitaciones del usuario tales como el contexto cultural?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
<i>Satisfacción de usuario</i>					
P10	¿El portal responde a las necesidades que llevaron a su uso, es decir es útil?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P11	¿La interfaz gráfica es atractiva?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P12	¿Los resultados obtenidos después de la interacción son deseables?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P13	¿La información se percibe como verdadera y probada?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
P14	¿El portal produce confianza debido a que no se presentan errores?	(1)	(2)	(3)	(4) (5)
<i>Aprendizaje</i>					

Figura B.1. Cuestionario para encuesta de percepción de usabilidad del portal Web de la Universidad (Continuación)

P15	¿Es posible predecir acciones de acuerdo al nombre de vínculos y controles?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P16	¿Es fácil reconocer clara y rápidamente en la interfaz las acciones más relevantes del portal?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P17	¿Los elementos de la interfaz proporcionan información sobre el estado actual de las transacciones?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P18	¿Los mensajes son útiles y significativos para interactuar correctamente (error, asesoría y mensajes de advertencia)?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Contenido: Se relaciona con la información procesada por el portal.</i>						
P19	¿La definición, formato y valor de los datos se presenta de la misma forma en las diferentes páginas?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P20	¿Los datos se presentan en forma breve y específica?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P21	¿Los datos se pueden interpretar correctamente en el contexto de las necesidades del usuario?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P22	¿La información que se presenta se encuentra actualizada?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P23	¿La información presentada es importante y significativa de acuerdo a las necesidades del usuario?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P24	¿La información presentada se adapta a las necesidades particulares del usuario?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Presentación: Se relaciona con características de la interfaz gráfica del portal.</i>						
P25	¿El color utilizado en cada elemento de la interfaz de usuario es siempre el mismo?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P26	¿Las secciones en que la interfaz se divide son las mismas en todo el portal?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P27	¿Los enlaces y controles tienen siempre el mismo comportamiento?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P28	¿El portal se ejecuta en los navegadores más comunes, sin alterar su comportamiento y apariencia?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P29	¿La información se puede ser leída fácilmente de acuerdo a su tamaño y contraste entre el color del texto y el color del fondo?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P30	¿Para el ingreso de información, los atributos que lo requieren muestran valor por defecto?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P31	¿Los datos ingresados son validados en la interfaz?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P32	¿La información se presenta de acuerdo a la privacidad del usuario?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P33	¿El contenido insertado por el usuario puede ser modificado con posterioridad?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Figura B.1. Cuestionario para encuesta de percepción de usabilidad del portal Web de la Universidad (Continuación)

P34	¿Las etiquetas de los campos de datos muestran nombres obvios y significativos?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P35	¿Se puede personalizar la apariencia la interfaz de acuerdo a las preferencias del usuario (color, estilos, temas)?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P36	¿Las acciones pueden ser canceladas o desechas sin perjudicar la operación normal en el desarrollo de tareas?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P37	¿La presentación de la información se adapta a los conocimientos actuales, objetivos y otras características del usuario que la visita?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Navegación: Se relaciona con las características de uso del mapa de navegación del portal.</i>						
P38	¿Todas las páginas proporcionan función de búsqueda para acceder a los contenidos sin tener que navegar?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P39	¿El portal muestra la ubicación del usuario en el mapa de navegación?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P40	¿La página de inicio muestra las opciones principales del portal mediante vínculos apropiados?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P41	¿La ubicación de los menús primarios de navegación se encuentra en el panel izquierdo?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P42	¿El texto de las etiquetas de enlaces es obvio, significativo, comprensible y fácilmente diferenciable?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P43	¿La navegación es consistente debido a que nunca se presentan enlaces rotos internos y externos en este portal?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P44	¿La navegación es consistente debido a que nunca se presentan páginas huérfanas (sin retorno a las páginas que las vinculan) en este portal?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P45	¿Se tiene acceso a la página de inicio desde cualquier lugar en el portal?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P46	¿Los enlaces en cada página navegada alteran su apariencia, en relación al uso, objetivos, conocimiento y preferencias?	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<p>Escala de respuestas:</p> <p>(1) Totalmente en desacuerdo. (2) En desacuerdo. (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo. (4) De acuerdo. (5) Totalmente de acuerdo</p>						

### Anexo C. Cuestionarios de metodología de evaluación de usabilidad.

Este anexo contiene los formatos de cuestionarios y reportes diseñados para el procesamiento de información asociada a la evaluación de usabilidad.

Figura C.1 Resumen de frecuencia de información demográfica.

LOGO DE UNIVERSIDAD	<b>ENCUESTA DE PERCEPCION DE USABILIDAD DEL PORTAL WEB DE LA UNIVERISDAD</b> Frecuencia de información demográfica			
Fecha: _____ No. Prueba: _____ No. Versión: _____ No. Cuestionario: _____				
Nro Parámetro	Información personal	Rangos	Frecuencia	
			Expertos	Nuevos
1	Edad	Hasta 18 19-25 26-30 Más de 30		
2	Género	Hombre Mujer		
3	Horas semanales uso computador	Hasta 14 14-28 más de 28		
4	Horas semanales uso internet	Hasta 14 14-28 mas de 28		
5	Meses de uso del portal	Hasta 12 más de 12		
Procesó: _____ No. Cuestionario Válidos: _____ No Válidos: _____				

Fuente: Elaboración propia.

Figura C.2 Cuestionario de identificación de tareas más frecuentemente desarrolladas por los estudiantes del portal Web de la universidad.

LOGO DE UNIVERSIDAD	<p><b>EVALUACION DE USABILIDAD</b>  <b>PORTAL WEB DE LA UNIVERSIDAD</b></p> <p>Tareas más frecuentemente desarrolladas por estudiantes</p>					
Fecha: _____ No. Prueba: _____ No. Versión: _____ No. Cuestionario: _____						
Estudiante: _____ Programa: _____ Novato: ____ Experto: ____						
Nro. Tarea	Nombre de tarea	Cantidad de clics	Tiempo <sup>1</sup>	Éxito Tarea <sup>2</sup>	Comentarios sobre la tarea	Evaluación tarea (1-5)
(1) Tiempo medido en segundos usado en el intento de desarrollar la tarea. (2) Responder S (tuvo éxito) N (no tuvo éxito).						
Observador: _____ Comentarios del observador: _____						
_____						
_____						
_____						
Procesó: _____ Cuestionario Válida: Si ____ No ____						

Fuente: Elaboración propia.

Figura C.3 Reporte de tareas más utilizadas por los estudiantes del portal Web de la universidad.

LOGO DE UNIVERSIDAD		EVALUACION DE USABILIDAD PORTAL WEB DE LA UNIVERSIDAD Frecuencia de tareas más utilizadas por los estudiantes							
Fecha: _____		No. Prueba: _____		No. Versión: _____		Cuestionario: del _____ al _____			
Nro Tarea	Descripción de tarea	Grupo expertos				Grupo novatos			
		Frec	Promedio			Frec	Promedio		
			Clics	Segs	Eval		Clics	Segs	Eval

Procesó: \_\_\_\_\_ No. Cuestionario Válidos: \_\_\_\_\_ No Válidos: \_\_\_\_\_

Fuente: Elaboración propia.

Figura C.4 Clasificación de dimensiones de usabilidad afectadas por comentarios de estudiantes en test de usuario

LOGO DE UNIVERSIDAD		<b>EVALUACION DE USABILIDAD</b> <b>PORTAL WEB DE LA UNIVERSIDAD</b> Clasificación dimensiones afectadas por comentarios de usabilidad en test de usuario basado en tareas										
Fecha: _____ No. Prueba: _____ No. Versión: _____ Cuestionario: del _____ al _____												
No. Tarea	Descripción tarea	Dimensiones de usabilidad percibidas						Descripción de comentarios de usabilidad reportados				
		Independientes			Dependientes			Negativ	Positiv	Tipo de Usuario	Nro. Cuestionarios	Comentario
		Efectiv	Eficien	Aprend	Conten	Presen	Naveg					
Procesó: _____ # Cuestionario Válidos: _____ #No Válidos: _____												

Fuente: Elaboración propia.

Figura C.5 Distribución de afectación negativa de dimensiones de usabilidad por comentarios de estudiantes en test de usuario

LOGO DE UNIVERSIDAD		<b>EVALUACION DE USABILIDAD</b> PORTAL WEB DE LA UNIVERSIDAD Distribución de afectación negativa de dimensiones de usabilidad en test de usuario basado en tareas													
Fecha: _____ No. Prueba: _____ No. Versión: _____ Cuestionario: del _____ al _____															
#Tarea	Descripción tarea	Frec Tarea	Dimensiones independientes						Dimensiones dependientes					TAN <sup>2</sup>	Frec AN Total
			#AN <sup>1</sup>	Frec AN	Efecti	Eficc	Apren	Satisf	#AN <sup>1</sup>	Frec AN	Cont	Presen	Naveg		
Procesó: _____ # Cuestionario Válidos: _____ #No Válidos: _____															

(1) #AN: Cantidad de veces que se afectaron negativamente las dimensiones de usabilidad evaluadas.  
 (2) TAN: Cantidad total de veces que se afectaron negativamente las dimensiones de usabilidad evaluadas  
 Fuente: Elaboración propia.

Figura C.6. Formato resumen de evaluación cuantitativa de usabilidad

LOGO DE UNIVERSIDAD	<b>EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE PERCEPCIÓN DE USABILIDAD DE PORTAL WEB DE LA UNIVERSIDAD</b> Resumen				
Fecha: _____ No. Prueba: _____ No. Versión: _____ No. Cuestionarios: _____					
Dimensiones evaluadas	Sub-Características	Promedio	Promedio dimensiones	Valor índices usabilidad	Promedio usabilidad
Efectividad	Ayuda				
	Desempeño en tarea				
Eficiencia	Desempeño de tarea				
	Limitaciones de contexto				
	Operatividad				
Satisfacción	Cognitiva				
	Confianza				
Aprendizaje	Previsibilidad				
	Intuitivo				
	Auto-descripción				
Contenido	Representacional				
	Adaptabilidad				
Presentación	Estética de la GUI				
	Reconocimiento				
	Operabilidad				
	Adaptabilidad				
Navegación	Búsqueda interna				
	Ubicación del usuario				
	Conectividad				
	Adaptación				
Procesó: _____					

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo D. Reportes de procesamiento de datos.**

Este anexo contiene las tablas correspondientes al procesamiento de información asociada a tareas del test de usuario, comentarios de usabilidad, y formatos usados por el caso de estudio para el registro de información.

Figura D.1. Cuestionario para encuesta de percepción en inspección de usabilidad

**METODOLOGIA DE EVALUACION DE USABILIDAD PARA WIS**  
Fase de Validación de la metodología

**Evaluación Heurística (HE) del portal Web de la Universidad Central**

Estudiante: \_\_\_\_\_

Tarea: \_\_\_\_\_

Tiempo usado en la Inspección de usabilidad: \_\_\_\_\_

I - Evaluar para cada una de las tareas desarrolladas con UEMWIS, el cumplimiento de las reglas de Nielsen (2005) planteadas para identificar posibles problemas de usabilidad. Inspeccione nuevamente la usabilidad del portal cuando se desarrollan las tareas relacionadas. Escala de evaluación: (1) Totalmente en desacuerdo - (5) Totalmente de acuerdo.

1. **Visibilidad del estado del sistema:** El sistema siempre debería mantener informados a los usuarios de lo que está ocurriendo, a través de retroalimentación apropiada dentro de un tiempo razonable.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

2. **Relación entre el sistema y el mundo real:** el sistema debería hablar el lenguaje de los usuarios mediante palabras, frases y conceptos que sean familiares al usuario, más que con términos relacionados con el sistema. Seguir las convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden natural y lógico.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

3. **Control y libertad del usuario:** hay ocasiones en que los usuarios elegirán las funciones del sistema por error y necesitarán una “salida de emergencia” claramente marcada para dejar el estado no deseado al que accedieron, sin tener que pasar por una serie de pasos. Se deben apoyar las funciones de deshacer y rehacer.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

4. **Consistencia y estándares:** los usuarios no deberían cuestionarse si acciones, situaciones o palabras diferentes significan en realidad la misma cosa; siga las convenciones establecidas.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

5. **Prevención de errores:** mucho mejor que un buen diseño de mensajes de error es realizar un diseño cuidadoso que prevenga la ocurrencia de problemas.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

6. **Reconocimiento antes que recuerdo:** se deben hacer visibles los objetos, acciones y opciones, El usuario no tendría que recordar la información que se le da en una parte del proceso, para seguir adelante. Las instrucciones para el uso del sistema deben estar a la vista o ser fácilmente recuperables cuando sea necesario.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

7. **Flexibilidad y eficiencia de uso:** la presencia de aceleradores, que no son vistos por los usuarios novatos, puede ofrecer una interacción más rápida a los usuarios expertos que la que el sistema puede proveer a los usuarios de todo tipo. Se debe permitir que los usuarios adapte el sistema para usos frecuentes.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

8. **Estética y diseño minimalista:** los diálogos no deben contener información que es irrelevante o poco usada. Cada unidad extra de información en un diálogo, compite con las unidades de información relevante y disminuye su visibilidad relativa.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

9. **Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores:** los mensajes de error se deben entregar en un lenguaje claro y simple (sin códigos), indicando en forma precisa el problema y sugerir una solución constructiva al problema.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

10. **Ayuda y documentación:** incluso en los casos en que el sistema pueda ser usado sin documentación, podría ser necesario ofrecer ayuda y documentación. Dicha información debería ser fácil de buscar, estar enfocada en las tareas del usuario, con una lista concreta de pasos a desarrollar y no ser demasiado extensa.

Evaluación: (1) \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_ (4) \_\_\_\_ (5) \_\_\_\_

II- Relacione los problemas de usabilidad encontrados en la inspección por tarea.

Figura D.2 Encuesta de percepción de usabilidad después de inspección.

<b>ENCUESTA DE EVALUACION DE USABILIDAD PARA EL PORTAL WEB DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL</b>	
Encuesta de comparación de metodologías de evaluación de usabilidad aplicadas Mayo de 2016	
Nombre de estudiante: <hr/>	
Recuerde que:	
<b>UEMWIS:</b> Fue el primer método de evaluación de usabilidad aplicado (46 preguntas) basado en test de usuario.	
<b>HE</b> : Es el segundo método de evaluación de usabilidad aplicado (10 heurísticas) basado en inspección.	
<b>Escala de evaluación:</b> Totalmente en desacuerdo (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5) Totalmente de acuerdo.	
<hr/>	
<b>1. El procedimiento de aplicación de la método es simple y fácil de seguir.</b>	
UEMWIS: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)	HE: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)
<b>2. He encontrado el método de evaluación fácil de aprender.</b>	
UEMWIS: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)	HE: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)
<b>3. En términos generales, el método de evaluación es fácil de usar.</b>	
UEMWIS: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)	HE: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)
<b>4. Las medidas / heurísticas propuestas son claras fáciles de entender.</b>	
UEMWIS: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)	HE: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)
<b>5. Fue fácil de aplicar el método de evaluación de usabilidad.</b>	
UEMWIS: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)	HE: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)
<b>6. En términos generales, creo que el método de evaluación proporciona una manera eficaz con el cual detectar problemas de usabilidad.</b>	
UEMWIS: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)	HE: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)
<b>7. El empleo del método de evaluación mejoraría mi rendimiento en las evaluaciones de usabilidad Web.</b>	
UEMWIS: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)	HE: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)
<b>8. Creo que sería fácil ser hábil en el uso del método de evaluación.</b>	
UEMWIS: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)	HE: (1) __ (2) __ (3) __ (4) __ (5)

Tabla D.3 Frecuencia y medias de tareas reportadas por grupo de expertos

Nro. Tarea	Descripción de tarea	Medidas	Media	Cantidad	GRUPO COMPILADORES - USUARIOS EXPERTOS																				
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	Consultar horarios	Cuest	0.86	18	2	5		7		9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	
		Clics	4.83		6	9		4		5	5	3	4	6	6	5	4	4	6	3	4	6	4	3	
		Segs	31.11		25	38		50		60	25	30	25	31	25	25	25	32	34	24	32	31	25	23	
		Eval	4.14		4	3		3		3	4	5	3	5	4	4	5	4.5	4	5	4	5	4	5	
2	Consultar notas	Cuest	0.86	18	2	5	6	7	8		10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	23	25		
		Clics	4.61		6	9	3	4	2		5	3	4	6	6	5	4	4	6	3	4	6	3		
		Segs	27.22		25	38	20	60	2		25	30	25	31	25	25	30	19	33	16	32	31	23		
		Eval	4.14		4	3	3	3	5		4	5	3	5	4	4	4	4.5	4	5	4	5	5		
3	Automatrícula	Cuest	0.43	9			6			9		11		14			18	19		21	23	25			
		Clics	9.22				3			3		5		9			18	5		23	9	8			
		Segs	102.1				20			60		50		34			280	47		314	34	80			
		Eval	4.06				3			4		5		5			3.5	4		4	5	3			
4	Solicitudes académicas Mis solicitudes	Cuest	0.33	7								12	14					20	21	23	24	25			
		Clics	5.43										3	7				7	7	7	3	4			
		Segs	32.14										32	27				50	42	27	15	32			
		Eval	3.86										3	4				4	4	4	4	4			
5	Consultar solicitudes académicas	Cuest	0.29	6	2		6		8		10			15	16										
		Clics	3.00		3		3		3		3			3	3										
		Segs	17.83		27		20		3		15			27	15										
		Eval	4.17		5		3		2		5			5	5										







24	Consultar vr de créditos académicos	Cuest	0.10	2				18	21			
		Clics	5.00							5	5	
		Segs	20.50							20	21	
		Eval	3.75							3.5	4	
25	Consultar cursos de ingles	Cuest	0.10	2	6	9						
		Clics	3.50							3	4	
		Segs	40.00							20	60	
		Eval	3.00							3	3	
26	Consulta BD académicas	Cuest	0.14	3			14	23	25			
		Clics	2.67							3	3	2
		Segs	19.00							21	19	17
		Eval	4.00							3	5	4
27	Tutoriales	Cuest		0								
		Clics										
		Segs										
		Eval										
28	Trámites de crédito	Cuest	0.00	0								
		Clics										
		Segs										
		Eval										
29	Mis cursos	Cuest	0.00	0								
		Clics										
		Segs										
		Eval										

30	Consulta horarios para auto-matricula	Cuest	0.24	5	7	9	12	18	21									
		Clics	2.60									2	2	3	3	3		
		Segs	23.80									30	30	30	12	17		
		Eval	3.60									3	3	4	4	4		
31	Renovación crédito ICETEX	Cuest	0.19	4		9	11	14			23							
		Clics	5.00										7	7	3	3		
		Segs	70.00										120	120	20	20		
		Eval	4.25										4	3	5	5		
32	Consultar resolución becas	Cuest	0.24	5				14	17		23	24						
		Clics	2.50												3	1	3	3
		Segs	14.75												12	10	12	25
		Eval	4.75												5	5	5	4

Tareas reportadas	
Grupo expertos	174



6	Consultar correo electrónico	Cuest	0.33	7		7		1a	5	8	9	10	13											
		Clics	3.57											2	4	3	1	6	4	5				
		Segs	26.71											12	40	30	6	19	40	40				
		Eval	4.00											3	4	4	5	4	4	4				
7	Actualización de datos	Cuest	0.29	6				1a	3	6	9		12	13										
		Clics	4.50												6	4	4	3	4	6				
		Segs	152.50												60	300	180	15	300	60				
		Eval	3.33												3	3	3	5	3	3				
8	Consultar calendario académico	Cuest	0.29	6	1	3		1b		7			11	12										
		Clics	5.50												5	5	7	2	7	7				
		Segs	95.00												120	120	50	180	50	50				
		Eval	3.17												3	3	3	4	3	3				
9	Consultar eventos	Cuest	0.14	3						7	8	10												
		Clics	1.67												1	2	2							
		Segs	53.00												120	19	20							
		Eval	4.33												5	4	4							
10	Evaluación docentes	Cuest	0.43	9		6	8	1a	1b	3	8		11	12	13									
		Clics	9.44													34	8	7	7	6	4	7	6	6
		Segs	178.44													720	210	120	120	120	16	120	60	120
		Eval	3.50													4	4	3	3	4	4	3	4	3
11	Consulta de noticentral	Cuest	0.10	2								10												
		Clics	1.50												1	2								
		Segs	10.00												10	10								
		Eval	3.50												3	4								





24	Consultar vr de créditos académicos	Cuest	0.14	3	1	3	7			
		Clics	2.33		2	2	3			
		Segs	19.67		12	12	35			
		Eval	2.33		2	2	3			
25	Consultar cursos de ingles	Cuest	0.10	2	1			5		
		Clics	3.50		3			4		
		Segs	65.00		60			70		
		Eval	3.00		3			3		
26	Consulta BD académicas	Cuest	0.05	1					8	
		Clics	5.00					5		
		Segs	38.00					38		
		Eval	3.00					3		
27	Tutoriales	Cuest	0.14	3				1b	11	12
		Clics	7.00					7	7	7
		Segs	56.67					60	60	50
		Eval	3.00					3	3	3
28	Trámites de crédito	Cuest	0.10	2				1a		12
		Clics	10.00					10		10
		Segs	135.00					150		120
		Eval	3.50					4		3
29	Mis cursos	Cuest	0.10	2					11	12
		Clics	10.00						10	10
		Segs	120.00						120	120
		Eval	3.00						3	3

30	Consulta horarios para auto-matrícula	Cuest	0.05	1			8
		Clics	3.00				3
		Segs	40.00				40
		Eval	4.00				4
31	Renovación crédito ICETEX	Cuest	0.00	0			
		Clics					
		Segs					
		Eval					
32	Consultar resolución becas	Cuest	0.05	1		2	
		Clics	1.00				2
		Segs	52.00				52
		Eval	3.00				3

Tareas reportadas	
Grupo Novatos	131

Tabla D.4 Clasificación por grupos de comentarios de usabilidad por tarea en test de usuario

#Tarea	Descripción tarea	Tipo Comentario	Descripción de comentarios de usabilidad reportados	
			Grupo expertos	Grupo novatos
1	Consultar notas	Negativo	1- Mejorar visualización 1- Mejorar estructura de tabla de datos 5- Interfaz no es atractiva ni amigable 2-15 Solicita cambio de contraseña muy seguido 12 - 15 - 22- Se debe saber la ruta, porque el link no es visible 17 - 21 - 25 En ocasiones demora ingreso	5- Difícil de encontrar
		Positivo	13- 21 - Contiene información requerida 21 - Información clara, concisa y veraz 15- Tarea rápida 19- La usabilidad es buena	4- Información fácil de acceder 10 - Proceso rápido y efectivo 8 - Ingreso sencillo 1- tgs- Es fácil y rápido consultar notas semestre 6- tgs-Fácil de realizar 8- tgs- Es rápida
2	Consultar horarios	Negativo	5- 18 - 19 - 21 Presentación de info no es atractiva ni amigable 12 - Se debe saber la ruta 15 - Solicita cambio de contraseña muy seguido 22 - El link no es visible 22- La carga de horario tiene información pesada 23 - No se descargar pdf 25 - Cuando hay concurrencia se demora el ingreso	
		Positivo	13- 21 Contiene información requerida 17 - 21 - Información útil 23 - Es ágil	8-10 Ingreso sencillo 6 - tgs-Tarea fácil de realizar 8- tgs-Es rápida

3	Auto-matrícula	Negativo	1- La presentación de la selección de horarios no es visualmente entendible	
			5- Muchas pantallas para inscribir materias 5- Mejorar el entorno visual 1- 6 Demora en la carga de la información 2- 6 - 21 Gasta demasiado tiempo para tener acceso 7- Problemas de información 9 - Genera conflicto en matrículas generales 11 - 24 Dificultad para encontrarlo 12 -13 No es amigable 18- Al coparse un grupo hay que volver a hacer la tarea 22- Incluir información del estudiante con su login 25 - Se deben cuadrar mejor los horarios ofertados 25 - Se deben crear grupos	9 - Proceso demorado 12- Muy enredado
			Positivo	19- Eficiente 21 - La información presentada es la solicitada
4	Consultar cursos de contexto	Negativo		1- tgs-Problemas de orden de información
		Positivo		10 - Ingreso fácil 1- tgs-Es rápido su consulta
5	Consultar Catalogo de biblioteca en línea	Negativo	5- Entorno visual malo 12-No es intuitivo 1- Realizar actualización de la vista 19 - En la página principal hay dos íconos de un libro que confunden 24 - En ocasiones no esta disponible 5- En ocasiones la información no coincide	8-9-Link no es muy visible 8 - tgs-Contenido que confunde 1- tgs- La opción de biblioteca no es fácilmente visible 8 - tgs-Contenido que confunde

		Positivo	1- Los parámetros de búsqueda están bien 8- Fácil ubicación	
			2- Tarea rápida	
6	Actualización de datos	Negativo	2- 10 -15 - 16 Falta formulario en línea	Confunde por muchas opciones -2
		Positivo	1- No se pueden actualizar datos en cualquier momento	8- Ingreso sencillo
7	Consultar correo electrónico	Negativo	21 - El ícono de enlace a Gmail esta un poco escondido y no es facil de visualizar 18 - No se ve resaltado el acceso por lo se hacen mas pasos 22 - Llevar vínculo al home como varias universidades	8- Ingreso sencillo
		Positivo	2 - 3 - 16 - 17 Acceso rápido 12- 19 Se usa fácilmente 3-10-Se ubica fácilmente	
8	Solicitud académica	Negativo	4- Autenticación no es clara 6- No es comprensible 6- 7 Falta un manual de uso 8 - Poco intuitivo 8 - Presentación no es agradable 9- Tarda en cargar 13 - No es intuitivo ni amigable 1- Se presenta enlace roto 22 - Incluir todas las solicitudes 25 - Ordenar en forma mas intuitiva para el usuario	
		Positivo	21- La salida de datos es clara y fácil de validar 21 - El proceso es amigable	8 - tgs-Fácil de usar

9	Consultar vr de créditos académicos	Negativo	18 - La opción esta muy escondida 21 - Es una de las tareas menos fáciles de realizar 21 - Se deben realizar bastantes validaciones	1-tgs- Se debe conocer la plataforma con anterioridad
		Positivo	21- Información visualizada es clara y concisa	1- tgs-Es rápido
10	Renovación libro biblioteca	Negativo	2- 15 Duplicidad de autenticación de estudiante 19 - En la página prinicipal hay dos íconos de un libro que confunden 19 - Es confuso entrar a renovar un libro	Ingreso difícil 9- Ingreso difícil 1-tgs- Se debe conocer la plataforma con anterioridad 3- 8 tgs- Difícil ubicación de opción
		Positivo		6- tgs-Información bien presentada 6- tgs-Fácil de usar
11	Búsqueda de cursos virtuales	Negativo	9 - 11 Tarea difiicil de ubicar 9- Búsqueda demorada	
		Positivo		8- Ingreso sencillo
12	Evaluacion docentes	Negativo		6- tgs- Demorada de realizar por criterios
		Positivo	16 - buena funcionalidad 18 - Es clara la forma de captura de la encuesta 25 - Funciona bien	8- Ingreso sencillo 8- tgs-Fácil de usar
13	Consultar oferta académicas	Negativo	6 - Problemas de contraste de colores	5- Difícil de encontrar 8- tgs-Un poco tediosa
		Positivo	15 - Función bastante útil	4- Lista completa 12- Buena informacion de ofertas 8 - tgs-Es rápida
14	Consultar eventos	Negativo	5- El calendario no es visualmente agradable 5- El calendario no se nota muy bien 5- La información mostrada no es muy clara	Link a la derecha no es muy visible 8- Vínculo no visible
		Positivo	16 - buena funcionalidad	10- Se pueden identificar actividades

15	Consular plan de estudios	Negativo	1- Mejorar visualización, más dinámica 1- Mostrar en una sola vista requisitos y correquisitos 8 - Largo el proceso para llegar al plan de estudios 11- Dificultad para encontrarlo 12 - Se debe saber la ruta 19 - El link no va directo a donde corresponde sino al proceso de matrícula	
		Positivo	24 - Es necesario ver los sub-menús que se encuentra en oferta académica	6 -tgs-Rápida 6- tgs-Fácil de realizar
16	Consulta información bienestar	Negativo	8- Búsqueda de información no es intuitiva 22 - No es claro el módulo	
		Positivo		
17	Generar recibos de pago	Negativo	7 - 12 - 13 No es muy claro 11 - Dificultad para encontrarlo 21 - Es una tarea tediosa para hallar la secuencia de pasos necesaria	
		Positivo	18 - 24 No presenta problemas	
18	Inscripción de materias	Negativo	5- Muchas pantallas para inscribir 15 - fallas en tiempo de acceso 5- Mejorar el entorno visual	
		Positivo	16 - ha mejorado el acceso	
19	Consultar solicitudes académicas	Negativo		4- No ingresa
		Positivo	2- Es útil para seguir las solicitudes	8- Ingreso sencillo 12-Buena información
20	Consultar calendario académico	Negativo	19 - La opción difícil de hallar 19 - En la opción eventos no se obtiene la información que se necesita	3- tgs- Difícil encontrarlo no hay opción visible en estudiante

		Positivo	16 - proceso útil 24 - La información se ve rápidamente	
21	Tutoriales	Negativo		
		Positivo		
22	Consulta de noticentral	Negativo	1- Contenido muy básico en la página de inicio 2- 15 Se requiere constante actualización	
		Positivo	16- buena funcionalidad	
23	Restaurar/cambio de contraseña	Negativo	8 - 13 No es intuitivo 8 - Confunde mucho 12 - Se debe saber la ruta 5- No tiene retorno a la página de autenticación 5- Problemas con el botón de inicio 5- Al salir y retornar no autentica 5- presenta error - si se olvida 5- Problemas al digitar texto	
		Positivo		8- tgs-Es rápido
24	Consultar horarios para auto-matrícula	Negativo	12- No es fácil ubicar opción 18 - Contenido solo por cada jornada 21 - En la mayoría de los casos no asignan al docente	
		Positivo		8- Ingreso sencillo 8 - tgs- Fácil de entender 8- tgs-Contenido adecuado
25	Renovación crédito ICETEX	Negativo	11- 22 Dificultad al encontrarlo	
		Positivo		
26	Trámites de crédito	Negativo		
		Positivo	1a- Son rápidos	
27	Mis cursos	Negativo		
		Positivo		

28	Consultar cursos de inglés	Negativo	9- Búsqueda muy demorada 9- Difícil de ubicar 9- Se demora al cargar	5- Difícil de encontrar 1- tgs-Debería tener menu horizontal
		Positivo		
29	Simulador de crédito	Negativo	8 - No es intuitivo 8 - No permite editar el valor de matricula	
		Positivo		2- tgs-tarea eficiente y de gran ayuda
30	Reintegros	Negativo	8 - Dificultad para hallar información	
		Positivo		
31	Bases de datos académicas	Negativo	1- Falta un instructivo 19 - En la página principal hay dos íconos de un libro que confunden 19 - Como la conexión es externa se demora en cargar 23 - Desde el catálogo en línea no se puede acceder a esta opción	8 - Link de biblioteca no es muy visible
		Positivo	25 - Funcional bien	
32	Consultar resolución Becas	Negativo	17 - Facilidad de navegación entre secciones	
		Positivo		

Tabla D.5 Clasificación de dimensiones afectadas por comentarios negativos de usabilidad en test de usuario

#Tarea	Descripción tarea	Dimensiones de usabilidad percibidas						Descripción de comentarios de usabilidad reportados							
		Calidad en uso			Calidad del producto			Neg	Pos	Nro. Cuest	Grupo expertos				
		Efect	Efici	Apren	Cont	Pres	Nav								
1	Consultar notas		X X X XX XXX XXX		X X X XXX XXX		X X X XX XXX XXX				11	0	1- Mejorar visualización 1- Mejorar estructura de tabla de datos 5- Interfaz no es atractiva ni amigable 2-15 Solicita cambio de contraseña muy seguido 12 - 15 - 22- Se debe saber la ruta, porque el link no es visible 17 - 21 - 25 En ocasiones demora ingreso		
2	Consultar horarios	X X	XXXX X X X X	X X		XXXX X X X X			X X		10	5	5- 18 - 19 - 21 Presentación de info no es atractiva ni amigable 12 - Se debe saber la ruta 15 - Solicita cambio de contraseña muy seguido 22 - El link no es visible 22- La carga de horario tiene información pesada 23 - No se descargar pdf 25 - Cuando hay concurrencia se demora el ingreso		
3	Automatricula	X XXX X XX	X X X XX XX XX	X X X XX XX		X X X XX XXX XX				X			18	2	1- La presentación de la selección de horarios no es visualmente entendible 5- Muchas pantallas para inscribir materias 5- Mejorar el entorno visual 1- 6 Demora en la carga de la información 2- 6 - 21 Gasta demasiado tiempo para tener acceso 7- Problemas de información 9 - Genera conflicto en matrículas generales 11 - 24 Dificultad para encontrarlo 12 -13 No es amigable

		X	X X X X	X X		X					18- Al coparse un grupo hay que volver a hacer la tarea 22- Incluir información del estudiante con su login 25 - Se deben cuadrar mejor los horarios ofertados 25 - Se deben crear grupos
4	Consultar Catalogo en línea biblioteca		X X X X	X X X		X X X	X	6	3		5- Entorno visual malo 12-No es intuitivo 1- Realizar actualización de la vista 19 - En la página principal hay dos íconos de un libro que confunden 24 - En ocasiones no esta disponible 5- En ocasiones la información no coincide
5	Actualización de datos	X	XXXX X	XXXX X	X	XXXX X		5	0		2- 10 -15 - 16 Falta formulario en línea 1- No se pueden actualizar datos en cualquier momento
6	Consultar correo electrónico		X X X	X X X				3	8		21 - El ícono de enlace a Gmail esta un poco escondido y no es fácil de visualizar 18 - No se ve resaltado el acceso por lo se hacen mas pasos 22 - Llevar vínculo al home como varias universidades
7	Solicitud académicas	X	X X X X X X X	X X X X X X X		X X X X X X	X	11	2		4- Autenticación no es clara 6- No es comprensible 6- 7 Falta un manual de uso 8 - Poco intuitivo 8 - Presentación no es agradable 9- Tarda en cargar 13 - No es intuitivo ni amigable
8	Consultar vr de créditos académicos	X	X X X X	X X X X		X X X	X	3	1		1- Se presenta enlace roto 22 - Incluir todas las solicitudes 25 - Ordenar en forma mas intuitiva para el usuario 18 - La opción esta muy escondida 21 - Es una de las tareas menos fáciles de realizar

			X	X		X				21 - Se deben realizar bastantes validaciones
9	Renovación libro biblioteca		X	X		X		4	0	2- 15 Duplicidad de autenticación de estudiante 19 - En la página principal hay dos íconos de un libro que confunden 19 - Es confuso entrar a renovar un libro
10	Búsqueda de cursos virtuales	X	X	X		X		3	0	9 - 11 Tarea difícil de ubicar 9- Búsqueda demorada
11	Consultar oferta académica		X			X		1	1	6 - Problemas de contraste de colores
12	Consultar eventos		X			X		3	1	5- El calendario no es visualmente agradable 5- El calendario no se nota muy bien 5- La información mostrada no es muy clara
13	Consular plan de estudios		X			X				1- Mejorar visualización, más dinámica 1- Mostrar en una sola vista requisitos y co-requisitos 8 - Largo el proceso para llegar al plan de estudios 11- Dificultad para encontrarlo 12 - Se debe saber la ruta 19 - El link no va directo a donde corresponde sino al proceso de matrícula 24 - Es necesario ver los sub-menús que se encuentra en oferta académica
14	Consulta información bienestar		X	X		X	X	2	0	8- Búsqueda de información no es intuitiva 22 - No es claro el módulo
15	Generar recibos de pago	X	XXX	XXX		XXX		7	2	7 - 12 - 13 No es muy claro 11 - Dificultad para encontrarlo 21 - Es una tarea tediosa para hallar la secuencia de pasos necesaria
16	Inscripcion de materias	X	X	X		X		3	1	5- Muchas pantallas para inscribir 15 - fallas en tiempo de acceso 5- Mejorar el entorno visual
17	Consultar calendario académico	X	X	X		X	X	2	2	19 - La opción difícil de hallar

		X	X	X	X						19 - En la opción eventos no se obtiene la información que se necesita
18	Consulta de noti-central		X XX	XX	X XX			3	1		1- Contenido muy básico en la página de inicio 2- 15 Se requiere constante actualización
19	Restaurar/cambio de contraseña	X  X X X	X X X X X X	X X X X X		X X X X X	X X X	9	0		8 - 13 No es intuitivo 8 - Confunde mucho 12 - Se debe saber la ruta 5- No tiene retorno a la página de autenticación 5- Problemas con el botón de inicio 5- Al salir y retornar no autentica 5- presenta error - si se olvida 5- Problemas al digitar texto
20	Consultar horarios para auto-matrícula	X	X X	X X	X X	X X	X	3	0		12- No es fácil ubicar opción 18 - Contenido solo por cada jornada 21 - En la mayoría de los casos no asignan al docente
21	Renovación crédito ICETEX	XX	XX	XX		XX		2	0		11- 22 Dificultad al encontrarlo
22	Consultar cursos de inglés	 X	X X X	X		X X X	X	3	0		9- Búsqueda muy demorada 9- Difícil de ubicar 9- Se demora al cargar
23	Simulador de crédito	X	X X	X X		X X	X	2	0		8 - No es intuitivo 8 - No permite editar el valor de matrícula
24	Reintegros		X	X		X	X	1	0		8 - Dificultad para hallar información
25	Bases de datos académicas	X	X X X	X X		X X X	X X	4	1		1- Falta un instructivo 19 - En la página principal hay dos íconos de un libro que confunde 19 - Como la conexión es externa se demora en cargar 23 - Desde el catálogo en línea no se puede acceder a esta opción

Tabla D.6 Problemas de usabilidad hallados en inspección.

#Tarea	Descripción tarea	Descripción de problemas de Comentario Negativo	#Com
1	Actualización de datos	12- Demora en carga de pdf 12- Botón con información que confunde. 12- Formato debería llenarse en forma virtual. 12- Panel que confunde.	4
2	Automatrícula	4- Lento el sistema para dar respuesta. 9- No notifica cuadro sini hasta el final 9- No se ofrece mucha información sobre proceso. 9- Interface no es amigable.	4
3	Búsqueda de cursos virtuales	2- Varía el diseño en el sistema 3- Errores al buscar el curso. 5- Falta ayuda sobre listado de cursos. 19- Visibilidad del estado del sistema. 19- Prevención de errores.	5
4	Consular plan de estudios		0
5	Consulta BD académicas	14- No se encuentra el módulo. 14- Buscador de página no fue útil.	2
6	Consulta de noticentral	2- Problemas de ubicación del usuario 18- Presentación de noticias no es llamativa. 18- Hay noticias desde hace mucho tiempo.	3
7	Consulta horarios para automatrícula	1- Se activa solo en temporada. 7- Se encuentra con otro nombre. 15- No se encuentra visible. 9- Se puede perder el usuario por clics 9- Falta ayuda 9- No debe presentarse información en pdf	6
8	Consulta información bienestar	6- El acceso debe estar en la pantalla inicial.	1
9	Consultar calendario académico	7- Falta opción volver	1
10	Consultar catalogo en línea biblioteca	10- Guardar búsquedas realizadas 11- Mostrar fecha devoluciones	2
11	Consultar correo electrónico		0
12	Consultar cursos de inglés	7- La página se cae o no carga completa.	1
13	Consultar eventos	2- Información confusa 2. Búsqueda confusa 2- No hay sección de eventos 2- Se mezclan los eventos 3- Debería mostrar más información 3- Existen títulos que no dicen nada	12

		5- No se marca como consultado. 11- Parte viisual no es muy agradable. 18- No están visibles todos los eventos 18- Falta información 19- Control y libertad de usuarios. 19- prevención de errores.	
14	Consultar horarios	4- Falta botón para salir o regresar. 9- Horario debe mostrarse por días.	2
15	Consultar notas	4- Falta un botón para salir o atrás. 9- No tiene link para regresar. 9- Pide contraseña y se demora en ingresar. 9- La opción debe estar en la página principal.	4
16	Consultar oferta académica	12- Demasiada información 12- debe organizarse la información 12- Presenta errores al registrase.	3
17	Consultar solicitudes académicas	3- Visibilidad de las solicitudes. 18- No es clara la interfaz al acceder. 18- Los alumnos no conocen sitio.	3
18	Consultar vr de créditos académicos	6- No es fácil identificar la búsqueda de la tarea. 16- No hay módulo.	2
19	Evaluación docentes	11- Lenta la apertura. 11- No es compatible con todos los exploradores. 12- No debe tener ventana emergente. 12- Lenguaje. 12- No se puede abortar el proceso. 12- Consistencia de información. 12- Debe ser mas amigable con Explorer. 12- Debe mostrar historial de navegación 12- Presentación al ingresar por primera vez	9
20	Generar recibos de pago	2- Problemas de ubicación del usuario 2- Falta instructivo 3- Confusa la forma de acceder 3- Proporcionar histórico de recibos 5- Difícil identificación de acceso. 18- Es confusa cierta información. 19- Flexibilidad y eficiencia de uso.	7
21	Restaurar contraseña	1- La interface de cambio no es amigable. 1- Tarda en llegar el correo con la clave 7- No es clara la forma de ingreso 7- No restaura cambio de contraseña	4
22	Simulador de crédito		0

23	Solicitudes académicas	11- Difícil encontrar vínculo 11- falta ayuda 9- La interfaz es poco clara 9- No hay un link directo a la página principal	12
		9- Hace falta ayuda para el proceso 9- Página no es amigable 9- Hace falta información 12- Información incompleta 12- No distingue entre histórico, nuevo, pendiente 12- Links solo devuelven al comienzo 12- No diferencia módulos sistemas, cartera, admón 12- Botones de entrada no son claros.	
		Total problemas de usabilidad	87

Tabla D.7 . Tiempo promedio utilizado durante la inspección por tarea en HE

#Reg	#Tarea	Descripción tarea	#Encuesta	Tiempo	Promedio
1	1	Actualización de datos	11	10.0	10.0
2	2	Automatricula	4	120.0	186.7
3			8	410.0	
4			9	30.0	
5	3	Búsqueda de cursos virtuales	2	29.0	83.5
6			3	300.0	
7			5	60.0	
8			17	25.0	
9			18	2.0	
10	19	85.0			
11	4	Consular plan de estudios	1	18.9	166.3
12			7	180.0	
13			15	300.0	
14	5	Consulta BD académicas	13	5.0	73.3
15			14	190.0	
16			19	25.0	
17	6	Consulta de noticentral	2	11.0	108.3
18			3	420.0	
19			5	0.1	
20			18	2.0	
21	7	Consulta horarios para auto-matricula	1	29.5	141.1
22			7	300.0	
23			9	55.0	
24			15	180.0	
25	8	Consulta información bienestar	6	10.0	25.0
26			16	40.0	
27	9	Consultar calendario académico	1	14.7	164.9
28			7	180.0	
29			15	300.0	
30	10	Consultar catalogo en línea biblioteca	4	120.0	152.7
31			8	38.0	
32			10	300.0	
33	11	Consultar correo electrónico	4	120.0	72.5
34			8	25.0	
35	12	Consultar cursos de inglés	1	19.6	226.5
36			7	240.0	
37			15	420.0	

38			2	59.0	
39			3	180.0	
40	13	Consultar eventos	5	25.0	52.4
41			11	2.0	
42			17	12.9	
43			18	3.0	
44			19	85.0	
45	14	Consultar horarios	4	120.0	248.0
46			8	32.0	
47			9	60.0	
48			10	780.0	
49	15	Consultar notas	4	60.0	231.5
50			8	32.0	
51			9	54.0	
52			10	780.0	
53	16	Consultar oferta académica	11	5.0	5.0
54	17	Consultar solicitudes académicas	2	20.0	88.6
55			3	300.0	
56			5	45.0	
57			17	17.8	
58			18	60.0	
59	18	Consultar vr de créditos académicos	6	18.0	19.0
60			16	20.0	
61	19	Evaluación docentes	8	290.0	360.0
62			10	780.0	
63			11	10.0	
64	20	Generar recibos de pago	2	54.0	103.9
65			3	300.0	
66			5	180.0	
67			17	31.5	
68			18	3.0	
69			19	55.0	
70	21	Restaurar contraseña	1	21.3	267.1
71			7	480.0	
72			15	300.0	
73	22	Simulador de crédito	13	5.0	12.5
74			14	20.0	
75	23	Solicitudes académicas	9	90.0	55.0
76			11	20.0	
Total tiempo promedio inspección			131.9		

Tabla D.8 Encuesta de facilidad de uso y satisfacción de usuario percibida de UEMWIS y HE

#Enc	UEMWIS								HE							
	Facilidad de uso percibida					Satisfaccion de U			Facilidad de uso percibida					Satisfaccion de U		
	FUP1	FUP2	FUP3	FUP4	FUP5	SUP1	SUP2	SUP3	FUP1	FUP2	FUP3	FUP4	FUP5	SUP1	SUP2	SUP3
1	4	4	4	5	4	4	5	5	3	4	5	4	4	3	5	5
3	2	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3
4	4	3	5	5	4	4	2	3	5	4	5	5	4	4	2	3
5	3	4	4	5	3	5	5	4	5	5	5	5	4	3	4	4
6	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3
7	4	4	5	5	4	5	4	5	3	3	4	4	4	3	3	5
8	4	4	4	4	5	5	4	4	3	2	2	3	3	3	3	3
9	5	5	5	5	5	4	5	5	5	3	4	3	3	4	5	3
10	4	3	4	5	5	4	4	3	5	4	4	5	5	2	3	4
11	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
12	4	4	4	4	4	5	5	5	3	4	3	2	3	3	4	4
13	4	3	4	3	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5
14	4	3	3	4	4	5	5	5	5	4	5	3	5	3	3	5
15	4	4	5	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	4	4
16	4	3	3	4	4	4	3	3	3	3	5	4	2	3	3	3
17	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	2	3	2	3	2	2
18	5	3	3	5	4	5	5	4	5	5	4	4	5	3	3	5
19	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3
	3.94	3.72	4.00	4.28	4.11	4.39	4.28	4.17	4.00	3.72	3.94	3.72	3.83	3.28	3.44	3.78
	4.01					4.28			3.84					3.50		

## Anexo E. Evaluación del modelo de usabilidad

El objetivo de este anexo es documentar el proceso de evaluación de usabilidad aplicando los sub-modelos de usabilidad propuestos, siguiendo las fases de modelado SEM planteadas en las secciones 5.2, 5.3, 5.4 y 5.6. Al finalizar la evaluación se medirá la eficacia mostrada por los sub-modelos referenciados. Para terminar el capítulo se informarán las conclusiones del proceso.

Con respecto al proceso de evaluación de usabilidad, este se efectúa con los datos recolectados en una encuesta de percepción de usabilidad del portal Web de la universidad, aplicada a estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, usando el cuestionario mostrado en la Figura B.1. Las fases a desarrollar en la evaluación de los sub-modelos son las planteadas por la técnica SEM: identificación, evaluación de ajuste, estimación de parámetros y re-especificación. A continuación se describe la implementación de estas fases.

### E.1 Identificación del modelo.

El objetivo esta sección es desarrollar la fase de identificación del modelo la verificación de que los sub-modelos de medida y estructural de cada modelo teórico.

**E.1.1 Sub-modelo de medida desde el enfoque de proceso de uso.** Para verificar que se cumple la condición de identificación relacionada en la sección 5.2, se consultan los reportes generados por AMOS 18.0.0 (Figura E.1), cuando intenta identificar el modelo. (AMOS 18.0.0 informa que se logró un mínimo, al identificar exitosamente el modelo).

Figura E.1 Conteo de variables del modelo de medida.

Number of variables in your model:	42
Number of observed variables:	18
Number of unobserved variables:	24
Number of exogenous variables:	23
Number of endogenous variables:	19
Number of distinct sample moments:	171
Number of distinct parameters to be estimated:	42
Degrees of freedom (171 - 42):	129

Fuente: AMOS 18.0.0

En la Figura E.1 observamos que  $t=42$  variables del modelo de medida,  $s=18$  variables observadas, luego  $t \leq s(s+1)/2$  que equivale a  $42 \leq 18(18+1)/2$ , que equivale a  $42 \leq 171$ . Obsérvese que el número de encuestas procesadas para este modelo es precisamente 171, cuya confiabilidad según el Alfa de Crombach es de 0.913 para las 18 variables observadas, el cual es un índice de confiabilidad excelente (Ver Figura E.2).

Figura E.2 Medidas de fiabilidad estadística de los datos de la muestra.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.913	.914	18

Fuente: SPSS 18.0.0

**E.1.2 Sub-modelo de medida desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.** Para verificar que se cumple la condición de identificación relacionada en la sección 5.2, se consultan los reportes generados por AMOS 18.0.0 (Figura E.3), cuando intenta identificar el modelo. (AMOS 18.0.0 informa que se logró un mínimo, al identificar exitosamente el modelo).

Figura E.3 Conteo de variables del modelo de medida.

Number of variables in your model:	63
Number of observed variables:	28
Number of unobserved variables:	35
Number of exogenous variables:	32
Number of endogenous variables:	31
Number of distinct sample moments:	406
Number of distinct parameters to be estimated:	59
Degrees of freedom (406 - 59):	347

Fuente: AMOS 18.0.0

En la Figuras E.3 observamos que  $t=59$  variables del modelo de medida,  $s=28$  variables observadas, luego  $t \leq s(s+1)/2$  que equivale a  $59 \leq 28(28+1)/2$ , que equivale a  $59 \leq 406$ . Obsérvese que el número de encuestas procesadas para este modelo es precisamente 406,

cuya confiabilidad según el Alfa de Cronbach es de 0.920 para las 28 variables observadas, el cual es un índice de confiabilidad excelente (Ver Figura E.4).

Figura E.4 Medidas de fiabilidad estadística de los datos de la muestra.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.920	.924	28

Fuente: SPSS 18.0.0

## E.2 Estimación de parámetros del modelo.

El objetivo esta sección es desarrollar la fase de estimación de parámetros del modelo de tal forma que puedan reproducir la matriz de varianzas y covarianzas de la muestra de datos empíricos, como una condición necesaria para la aceptación posterior del modelo planteado.

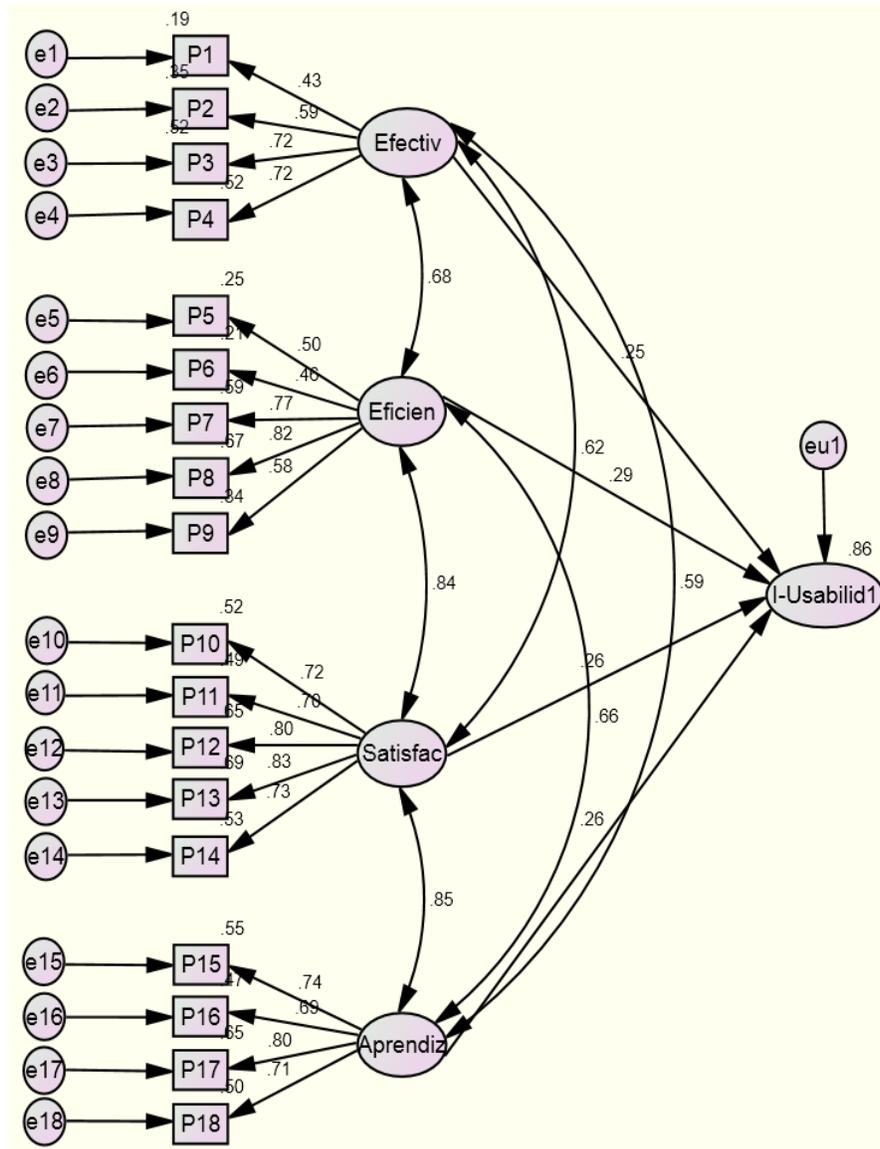
### E.2.1 Sub-modelo desde el enfoque de proceso de uso.

La herramienta AMOS 18.0.0 calcula por defecto la estimación de parámetros de un modelo con el método de Máxima Verosimilitud. El modelo estandarizado se muestra en la Figura E.5. Los valores que aparecen junto a las flechas que van desde los constructos a las variables de medida son los pesos de regresión del modelo que indican la “carga factorial” de las variables observables.

### E.2.2 Sub-modelo desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.

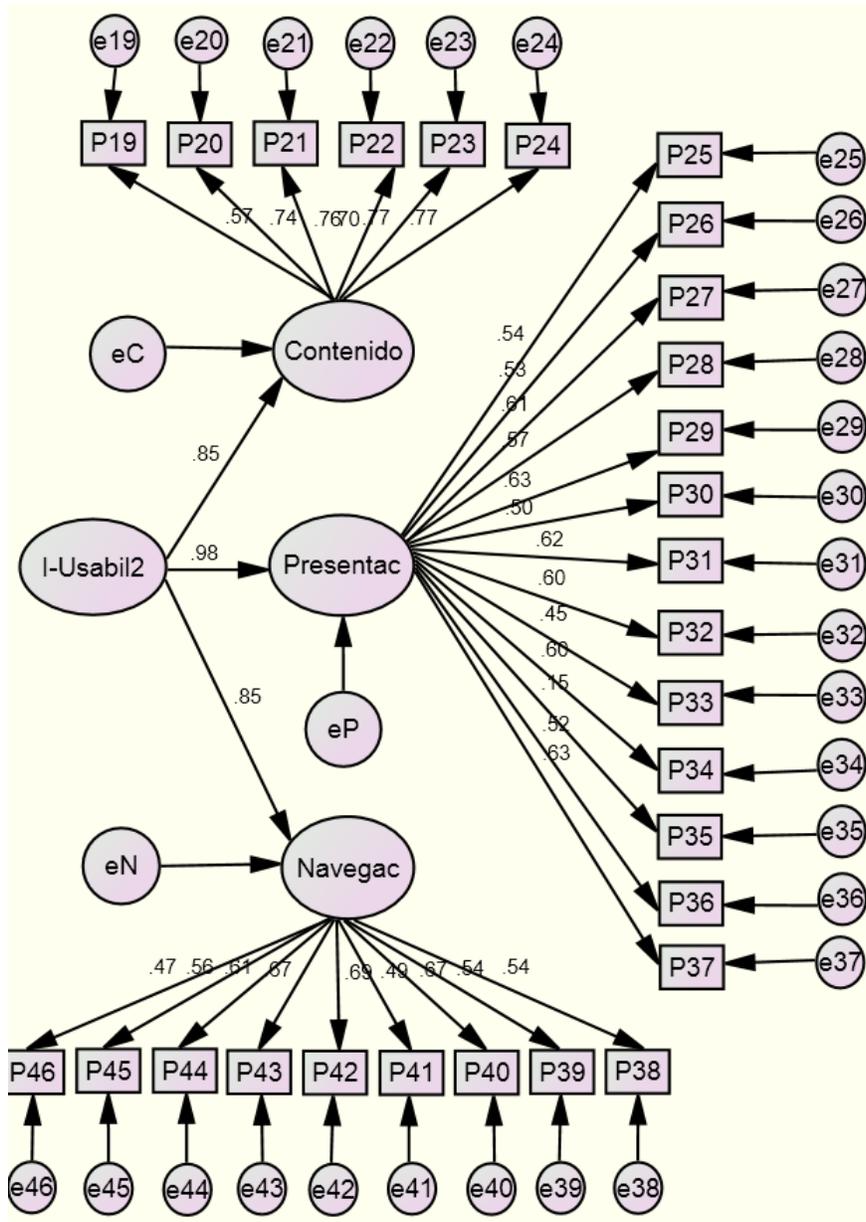
El modelo estandarizado se muestra en la Figura E.6. Los valores que aparecen junto a las flechas que van desde los constructos a las variables de medida son los pesos de regresión del modelo que indican la “carga factorial” de las variables observables.

Figura E.5 Estimación de parámetros del sub-modelo desde el enfoque de proceso en uso. Modelo estandarizado.



Fuente: AMOS 18.0.0.

Figura E.6 Estimación de parámetros del sub-modelo desde los enfoques de producto en uso y sistema Web. Modelo estandarizado.



Fuente: AMOS 18.0.0

### E.3 Evaluación del ajuste del modelo.

El objetivo de sección es desarrollar la fase de evaluación de la bondad del ajuste del modelo estimado para predecir la matriz de varianzas y covarianzas de los datos empíricos y en esta forma diagnosticar si el modelo es correcto y útil para nuestros objetivos.

#### E.3.1 Sub-modelo de medida desde el enfoque de proceso de uso.

Al ejecutar AMOS 18.0.0 genera la siguiente salida cuando reporta que logró el mínimo en 9 iteraciones:  $\chi^2 =$  Chi-square = 240.810 y df = Degrees of freedom = 129. Los valores calculados por AMOS 18.0.0 para los índices de ajuste global (Ver sección 5.4) se muestran en la Tabla E.1, los cuales como se puede observar presentan en general un ajuste deficiente

Tabla E.1 Índices de ajuste global del sub-modelo desde el enfoque de proceso de uso.

Medida de ajuste	Medida modelo	Tipo de ajuste
$\chi^2$	240.81	Buen ajuste
GFI	0.86	Ajuste deficiente
RMSEA	0.071	Ajuste aceptable
IFI	0.919	Ajuste deficiente
CFI	0.917	Ajuste deficiente
NFI	0.840	Ajuste deficiente
$\chi^2/df$ (Normada)	1.867	Buen ajuste
AGFI	0.815	Ajuste deficiente

Fuente: AMOS 18.0.0

Los valores obtenidos de los estadísticos de bondad de ajuste del modelo CFI=0,917 y GFI=0,86 de acuerdo a la teoría (Martínez et al. 2003; Schumacker & Lomax, 2004; Raykov & Marcoulides, 2012), indican que el modelo presenta un ajuste deficiente, no obstante que el error de aproximación cuadrático medio RMSEA (0,071) está dentro del rango. Luego es necesario re-especificar el modelo.

### E.3.2 Sub-modelo de medida desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.

Al ejecutar AMOS 18.0.0 genera la siguiente salida cuando reporta que logró el mínimo en 10 iteraciones:  $\chi^2 =$  Chi-square = 1202.201 y df = Degrees of freedom = 347. Los valores calculados por AMOS 18.0.0 para los índices de ajuste global se muestran en la Tabla E.2, los cuales como se puede observar presentan en general un ajuste deficiente.

Los valores obtenidos de los estadísticos de bondad de ajuste del modelo CFI=0,806 y GFI=0,812 de acuerdo a la teoría (Martínez et al. 2003; Schumacker & Lomax, 2004; Raykov & Marcoulides, 2012), indican que el modelo presenta un ajuste deficiente, no obstante que el error de aproximación cuadrático medio RMSEA (0,078) está dentro del rango. Luego es necesario re-especificar el modelo.

Tabla E.2 Índices de ajuste global del sub-modelo desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.

Medida de ajuste	Medida modelo	Tipo de ajuste
$\chi^2$	1202.201	Ajuste deficiente
GFI	0.812	Ajuste deficiente
RMSEA	0.078	Ajuste aceptable
IFI	0.808	Ajuste deficiente
CFI	0.806	Ajuste deficiente
NFI	0.749	Ajuste deficiente
$\chi^2/df$ (Normada)	3.46	Ajuste deficiente
AGFI	0.780	Ajuste deficiente

Fuente: AMOS 18.0.0

### E.4 Re-especificación del modelo.

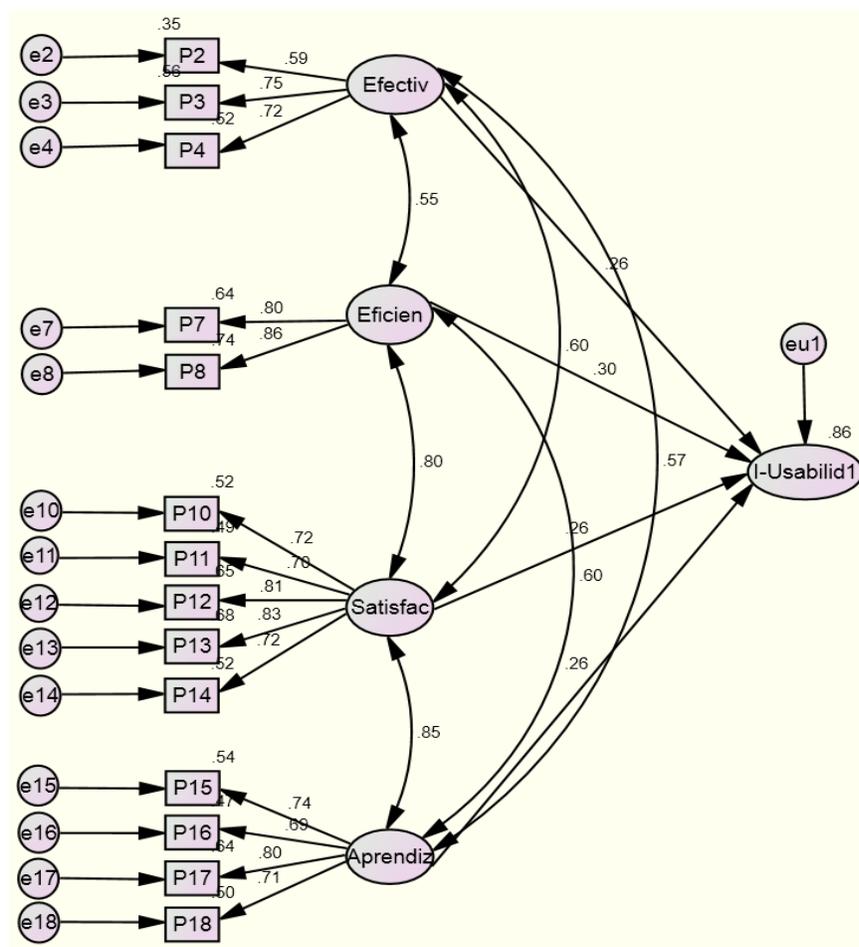
El objetivo de sección es desarrollar la fase de re-especificación de modelo, el cual se obtiene mediante modificaciones sucesivas del modelo inicial en referencia, buscando que el modelo resultante ajuste a los datos obtenidos en la encuesta.

#### E.4.1 Sub-modelo desde el enfoque de proceso de uso.

Tomando como base el modelo de medida presentado en la Figura E.5 se eliminan las variables observadas P1, P5, P6 y P9, cuyos valores de carga estandarizada son inferiores a 0.55 (Chin, 1998; Afthanorhan et al., 2013, 2014; Zainudin, 2012; Baleghi-Zadeh et al., 2014). El modelo resultante se muestra en la Figura E.7.

Al ejecutar AMOS 18.0.0 genera la siguiente salida cuando reporta que se logró el mínimo en 8 iteraciones:  $\chi^2 = \text{Chi-square} = 91.793$  y  $df = \text{Degrees of freedom} = 71$ .

Figura E.7. Estimación de parámetros del sub-modelo desde el enfoque de proceso en uso. Modelo re-especificado estandarizado.



Fuente: AMOS 18.0.0.

Los valores calculados por AMOS 18.0.0 para los índices de ajuste global se muestran a continuación en la Tabla E.3, los cuales como se puede observar presentan buen ajuste.

Como se plantea en la sección 3.1, en la usabilidad definida en el enfoque de proceso de uso, las dimensiones que la identifican, son de alto nivel, objetivas e independientes en el sentido que se no pueden ser modificadas por diseñador de la GUI en forma directa (Oztekin et al., 2009).

Al analizar la Figura E.8 se observa que el efecto positivo entre la dimensión efectividad y la variable P3 es estadísticamente significativo ( $r=0.749$ ,  $p<0.001$ ), lo que significa que cuando la desviación estándar de efectividad sube 1, P3 sube 0.749 respectivamente. Con respecto a las variables estructurales, observamos efectos positivos entre estas.

Tabla E.3 Índices de ajuste global del sub-modelo de medida desde el enfoque de proceso de uso. Modelo re-especificado.

Medida de ajuste	Medida modelo	Tipo de ajuste
$\chi^2$	91.973	Buen ajuste
GFI	0.93	Ajuste aceptable
RMSEA	0.042	Buen ajuste
IFI	0.982	Buen ajuste
CFI	0.981	Buen ajuste
NFI	0.924	Ajuste aceptable
$\chi^2/df$ (Normada)	1.293	Buen ajuste
AGFI	0.896	Ajuste aceptable

Fuente: AMOS 18.0.0

Al ser las dimensiones de usabilidad independientes, estas determinan el índice I-Usabil1 que las mide. Esto se observa, al verificar los efectos conjunto de las dimensiones sobre el índice: cuando la desviación estándar de efectividad sube 1 entonces I-Usabilid1 sube 0.259, cuando la desviación estándar de eficiencia sube 1 entonces I-Usabilid1 sube 0.3, y así respectivamente. Se observa entonces que la suma de la influencia de estas dimensiones

sobre I-Usabilid1 es aproximadamente igual a 1. De la misma forma pueden observarse las correlaciones internas entre las dimensiones, las cuales muestran efectos positivos.

Figura E.8. Pesos de regresión estandarizados

			Estimate
P3	<---	Efectiv	.749
P7	<---	Eficien	.799
P8	<---	Eficien	.857
P10	<---	Satisfac	.720
P11	<---	Satisfac	.702
P12	<---	Satisfac	.807
P14	<---	Satisfac	.724
P13	<---	Satisfac	.826
P16	<---	Aprendiz	.689
P17	<---	Aprendiz	.802
P15	<---	Aprendiz	.737
P2	<---	Efectiv	.592
P4	<---	Efectiv	.718
P18	<---	Aprendiz	.708
I-Usabilid1	<---	Efectiv	.259
I-Usabilid1	<---	Eficien	.300
I-Usabilid1	<---	Satisfac	.259
I-Usabilid1	<---	Aprendiz	.256

Fuente: AMOS 18.0.0

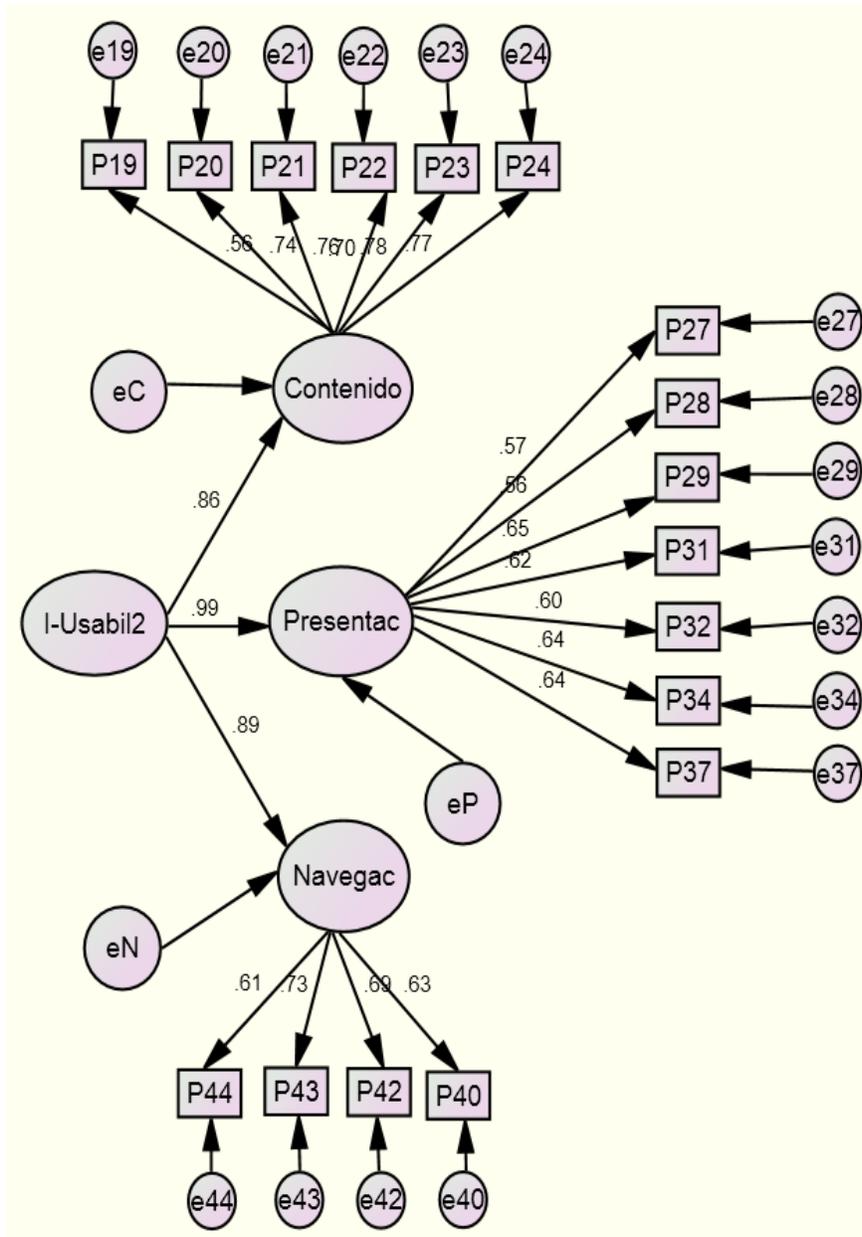
#### E.4.2 Re-especificación del modelo de medida los enfoques de producto en uso y sistema Web.

Tomando el modelo de medida presentado en la Figura E.6 como referencia, se eliminan las variables observadas P25, P26, P30, P33, P36, P38, P39, P41, P45 y P46, cuyos valores de carga estandarizada son inferiores a 0.55 (Chin, 1998; Afthanorhan et al., 2013, 2014; Zainudin, 2012; Baleghi-Zadeh et al., 2014). El modelo resultante se muestra en la Figura E.9.

Al ejecutar AMOS 18.0.0 genera la siguiente salida cuando reporta que se logró el mínimo en 9 iteraciones:  $\chi^2 = \text{Chi-square} = 270.506$  y  $df = \text{Degrees of freedom} = 116$ . Los índices

de ajuste global resultantes se muestran en la Tabla E.4, los cuales como se puede observar presentan buen ajuste.

Figura E.9 Estimación de parámetros del sub-modelo desde los enfoques producto en uso y sistema Web. Modelo re-especificado estandarizado.



Fuente: AMOS 18.0.0.

Tabla E.4. Índices de ajuste global del sub-modelo de medida desde los enfoques de producto en uso y sistema Web.

Medida de ajuste	Medida modelo	Tipo de ajuste
$\chi^2$	270.506	Ajuste aceptable
GFI	0.926	Ajuste aceptable
RMSEA	0.057	Ajuste aceptable
IFI	0.944	Ajuste aceptable
CFI	0.944	Ajuste aceptable
NFI	0.906	Ajuste aceptable
$\chi^2/df$ (Normada)	2.33	Ajuste aceptable
AGFI	0.902	Buen ajuste

Fuente: AMOS 18.0.0

Como se plantea en la sección 3.1, en la usabilidad definida en el enfoque de producto en uso las dimensiones que la identifican, son de bajo nivel, subjetivas y dependientes en el sentido que se pueden cambiar directamente por diseñador de la GUI para mejorar la facilidad de uso (Oztekin et al., 2009).

Al analizar la figura E.10, se observa que el efecto positivo entre el índice de usabilidad I-Usabil2 y el contenido es estadísticamente significativo ( $r=0.859$ ,  $p<0.001$ ), lo que significa que cuando I-Usabil2 sube 1 por desviación estándar, contenido sube 0.86 respectivamente. El mismo razonamiento lo podemos aplicar a la relación entre I-Usabil2 y las dimensiones de presentación y navegación. En general, las hipótesis planteadas en la sección 5.1.2.2 son probadas como se muestra en la Figura 5.14 que muestra los pesos de regresión estandarizados calculados por AMOS 8.0.0.

Figura E.10 Pesos de regresión estandarizados

			Estimate
Contenido	<---	I-Usabil2	.859
Navegac	<---	I-Usabil2	.891
Presentac	<---	I-Usabil2	.994
P29	<---	Presentac	.652
P34	<---	Presentac	.638
P32	<---	Presentac	.602
P31	<---	Presentac	.617
P28	<---	Presentac	.558
P37	<---	Presentac	.638
P27	<---	Presentac	.568
P42	<---	Navegac	.690
P40	<---	Navegac	.626
P43	<---	Navegac	.726
P44	<---	Navegac	.615
P21	<---	Contenido	.759
P23	<---	Contenido	.779
P20	<---	Contenido	.744
P24	<---	Contenido	.766
P19	<---	Contenido	.561
P22	<---	Contenido	.699

Fuente: AMOS 18.0.0

### E.5 Análisis del ajuste del modelo a los datos.

Como resultado del proceso de evaluación de usabilidad, el modelo rechazó varias preguntas asociadas a diversas dimensiones de usabilidad, mostrando que estas variables no se requieren para explicar la varianza del modelo. Las variables rechazadas en el sub-modelos de usabilidad desde el enfoque de proceso de uso por dimensión fueron: Efectividad en uso (P1) y eficiencia en uso (P5, P6, P9). De la misma forma, las variables rechazadas en el sub-modelo de usabilidad desde el enfoque de producto en uso y sistema Web por dimensión fueron: Presentación (P25, P26, P30, P36) y navegación (P38, P39, P41, P45, P46). El análisis de datos de la encuesta se realiza calculando los promedios de las dimensiones de usabilidad con el modelo completo y con el modelo reducido se muestra en la Tabla E.5 para comparar sus resultados y verificar de esta forma el ajuste numérico respectivo.

Como se observa en esta tabla para el modelo de usabilidad en el enfoque de proceso en uso, la diferencia entre las medidas de la dimensión *Efectividad en uso* difiere entre los dos modelos en 0.07. De la misma forma, la diferencia entre medidas de *Eficiencia en uso* entre los dos modelos es de 0.04. Los valores para *Satisfacción* y *Aprendizaje* no difieren debido a que el modelo no rechazó preguntas en estas dimensiones. El valor del índice de usabilidad entre los modelos completo y reducido se diferencia en 0.03. Por lo tanto se puede afirmar que el modelo reducido se ajusta a los datos provenientes de la encuesta de percepción de usabilidad en un 99.15%. y que el valor del índice de usabilidad en este enfoque es de 3.495.

Efectuando un análisis similar con la definición de usabilidad desde el enfoque de producto en uso y sistema Web, la diferencia entre las medidas de la dimensión *Presentación* entre los dos modelos es de 0.04. De la misma forma, la diferencia entre medidas de *Navegación* entre los dos modelos es de 0.06. Los valores para *Contenido* no difieren debido a que el modelo no rechazó preguntas en esta dimensión. El valor del índice de usabilidad entre los modelos completo y reducido se diferencia en 0.06. Por lo tanto se puede afirmar que el modelo reducido se ajusta a los datos provenientes de la encuesta de percepción de usabilidad en un 98.36% y que el valor de usabilidad en este enfoque es de 3.62. Con respecto a los índices de usabilidad en el modelo completo, desde los enfoques de proceso en uso y producto en uso y sistema Web, difieren en 0.11, lo cual significa que son similares en un 96.94%. En un análisis similar, en el modelo reducido los índices de usabilidad desde los enfoques de proceso en uso y producto en uso y sistema Web, difieren en 0.14, lo cual significa que son similares en un 96.16%.

Tabla E.5. Comparativo de promedios de la encuesta de usabilidad con el modelo completo y con el modelo reducido.

Enfoque de Evaluación de usabilidad	Dimensiones evaluadas	Modelo completo			Modelo ajustado		
		Promedio dimensiones	Índices usabilidad	Promedio Usabilidad	Promedio dimensiones	Índices usabilidad	Promedio Usabilidad
Proceso de uso	Efectividad	3.39	3.48	3.54	3.46	3.51	3.58
	Eficiencia	3.41			3.45		
	Satisfacción	3.59			3.59		
	Aprendizaje	3.54			3.54		
Producto en uso y sistema Web	Contenido	3.71	3.59	3.62	3.71	3.65	3.62
	Presentación	3.58			3.62		
	Navegación	3.49			3.62		
Diferencia de evaluación entre enfoques		0.11		0.14			

**E.6. Conclusiones.**

De acuerdo a lo anterior podemos concluir: (1) Los sub-modelos de usabilidad propuestos se ajustan al los datos de la encuesta de usabilidad en un grado superior al 98.36%. (2) Los sub-modelos de usabilidad propuestos son altamente efectivos en la medición de la percepción de usabilidad desde la perspectiva del usuario. (3) Los sub-modelos de usabilidad propuestos desde los dos enfoques presentados en la literatura, se validan uno a otro en la medición de percepción de usabilidad desde la perspectiva de usuario de un WIS.

- Abrahão, S., Condori-Fernández, N., Olsina, L., & Pastor, O. (2003, September). Defining and validating metrics for navigational models. In *Software Metrics Symposium, 2003. Proceedings. Ninth International*. IEEE.
- Abrahão, S., Pastor, O., & Olsina, L. (2005). A Quality Model for Early Usability Evaluation. In *INTERNATIONAL COST294 WORKSHOP ON USER INTERFACE QUALITY MODELS* (p. 68).
- Abrahão, S., Insfran, E., & Fernandez, A. (2014). Designing Highly Usable Web Applications.
- Abran, A., Khelifi, A., Suryan, W., & Seffah, A. (2003, April). Consolidating the ISO usability models. In *Proceedings of 11th international software quality management conference* (pp. 23-25).
- Adebesin, T. F., De Villiers, M. R., & Ssemugabi, S. (2009, June). Usability testing of e-learning: an approach incorporating co-discovery and think-aloud. In *Proceedings of the 2009 Annual Conference of the Southern African Computer Lecturers' Association* (pp. 6- 15). ACM.
- Afonso, A. P., Lima, J. R., & Cota, M. P. (2013, June). Usability assessment of web interfaces: User Testing. In *2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-7). IEEE.
- Agarwal, N., & Yiliyasi, Y. (2010, November). Information quality challenges in social media. In *International Conference on Information Quality (ICIQ 2010)*, Little Rock, Arkansas.
- Afthanorhan, W. M. A. B. W., & Ahmad, S. (2013). Modelling a high reliability and validity by using confirmatory factor analysis on five latent construct: Volunteerism program. *International Research Journal Advanced Engineer and Scientific Technology (IRJAEST)*, 1(1), 7.
- Afthanorhan, W. M. A. B. W., Ahmad, S., & Mamat, I. (2014). Pooled Confirmatory Factor.
- Agarwal, R., & Venkatesh, V. (2002). Assessing a firm's Web presence: A heuristic evaluation procedure for the measurement of usability. *Information Systems Research*, 13(2), 168-186.

- Agarwal, N., & Yiliyasi, Y. (2010, November). Information quality challenges in social media. In *International Conference on Information Quality (ICIQ 2010)*, Little Rock, Arkansas.
- Aldhaffer, N., Watson, C., & Sajeev, A. S. (2013). Personal information privacy settings of online social networks and their suitability for mobile internet devices. *arXiv preprint arXiv:1305.2770*.
- Aleixo, C., Nunes, M., & Isaias, P. (2012). Usability and digital inclusion: Standards and guidelines. *International Journal of Public Administration*, 35(3), 221-239.
- AlRoobaea, R. S., Al-Badi, A. H., & Mayhew, P. J. (2013, October). A framework for generating a domain specific inspection evaluation method: A comparative study on social networking websites. In *Science and Information Conference (SAI), 2013* (pp. 757- 767). IEEE.
- Alroobaea, R., & Mayhew, P. J. (2014, August). The impact of usability on e-marketing strategy in international tourism industry. In *Science and Information Conference (SAI), 2014* (pp. 961-966). IEEE.
- Al-Badi, A. H., Okam, M. O., Alroobaea, R. S., & Mayhew, P. J. (2013). Improving Usability of Social Networking Systems: A Case Study of LinkedIn. *Journal of Internet Social Networking & Virtual Communities*, 2013.
- Al-Kasasbeh, M. M., Dasgupta, S., & AL-Faouri, A. H. (2011). Factors affecting e-service satisfaction. *Communications of the IBIMA*.
- Al-Juboori, A. F. M. A., Na, Y., & Ko, F. (2011, September). Web site evaluation: Trends and existing approaches. In *Networked Computing (INC), 2011 The 7th International Conference on* (pp. 155-160). IEEE.
- Anandhan, A., Dhandapani, S., Reza, H., & Namasivayam, K. (2006, April). Web Usability Testing—CARE Methodology. In *Third International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG'06)* (pp. 495-500). IEEE.
- Aroyo, L., & Dicheva, D. (2002). Authoring framework for concept-based web information systems. *Proceedings of Concepts and Ontologies in Web-based Educational Systems, ICCE2002*, 41-48.
- Badre, A. (2002). *Shaping Web usability: interaction design in context*. Addison-Wesley Professional.
- Baecker, R. M. (Ed.). (2014). *Readings in Human-Computer Interaction: toward the year 2000*.

- Bailey, R.W. & Koyani, S.J. (2004). Searching vs. linking on the web: A summary of the research. Health and Human Services Technical Report.
- Baleghi-Zadeh, S., Ayub, A. F. M., Mahmud, R., & Daud, S. M. (2014). Learning Management System Utilization among Malaysian Higher Education Students: A Confirmatory Factor Analysis. *Journal of Education & Human Development*, 3(1), 369-386.
- Banna, S., Alkayid, K., Hasan, H. M., & Meloche, J. A. (2009). Usability testing of public health web-based information systems.
- Baresi, L., Colazzo, S., Mainetti, L., & Morasca, S. (2006). W2000: A modelling notation for complex Web applications. In *Web Engineering* (pp. 335-364). Springer Berlin Heidelberg.
- Barnum, C. M. (2010). *Usability testing essentials: ready, set... test!*. Elsevier.
- Bartek, V., & Cheatham, D. (2003). Experience remote usability testing, Part 2: Examine the benefits and downside of remote usability testing. Retrieved September, 9.
- Basher, H. T., Gacus, D. M. K. C., Mingo, R. P., & Ambe, A. M. H. (2014). A User-Centered Evaluation of a University Website. *Journal of Industrial and Intelligent Information* Vol, 2(3).
- Bastien, J. C., & Scapin, D. L. (1993). *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces* (Doctoral dissertation, Inria).
- Becker, S. A. (2004). A study of web usability for older adults seeking online health resources. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 11(4), 387-406.
- Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological bulletin*, 107(2), 238.
- Bergvall-Kareborn, B., Ihlström-Eriksson, C., Melander-Wikman, A., & Ståhlbröst, A. (2015). A Model for Reflective Participatory Design-The Role of Participation, Voice and Space.
- Bernard, M. L. (2001, October). Developing schemas for the location of common web objects. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 45, No. 15, pp. 1161-1165). SAGE Publications.
- Bernard, M. (2002). Examining user expectations for the location of common e-commerce web objects. *Usability News*, 4(1), 131-164.

- Berndt, E., Furniss, D., & Blandford, A. (2015). Learning Contextual Inquiry and Distributed Cognition: a case study on technology use in anaesthesia. *Cognition, Technology & Work*, 17(3), 431-449.
- Berry, D. L., Halpenny, B., Bosco, J. L., Bruyere, J., & Sanda, M. G. (2015). Usability evaluation and adaptation of the e-health Personal Patient Profile-Prostate decision aid for Spanish-speaking Latino men. *BMC medical informatics and decision making*, 15(1), 1.
- Bevan, N. (1991). Enforcement of HCI?. *The Computer Bulletin*, 3(4), 19-20.
- Bevan, N., & Macleod, M. (1994). Usability measurement in context. *Behaviour & information technology*, 13(1-2), 132-145.
- Bevan, N. (1995). Measuring usability as quality of use. *Software Quality Journal*, 4(2), 115- 130.
- Bevan, N. (1998). European usability support centres: support for a more usable information society. In *European Telematics: advancing the information society. Proceedings of TAP Annual Concertation Meeting* (pp. 50-65).
- Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International journal of human- computer studies*, 55(4), 533-552.
- Bevan, N., Barnum, C., Cockton, G., Nielsen, J., Spool, J., & Wixon, D. (2003, April). The magic number 5: is it enough for web testing?. In *CHI'03 extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 698-699). ACM.
- Bevan, N. (2005, July). Guidelines and standards for web usability. In *Proceedings of HCI International* (Vol. 2005).
- Bevan, N. (2006). International standards for HCI. *Encyclopedia of human computer interaction*, 362.
- Bevan, N., & Spinhof, L. (2007). Are guidelines and standards for web usability comprehensive?. In *Human-Computer Interaction. Interaction Design and Usability* (pp. 407-419). Springer Berlin Heidelberg.
- Bevan, N. (2008, June). Classifying and selecting UX and usability measures. In *International Workshop on Meaningful Measures: Valid Useful User Experience Measurement* (pp. 13- 18).
- Boehm, B. (1973). Quantitative Assessment. *Datamation*, 19(5), 49-57.

- Botafogo, R. A., Rivlin, E., & Shneiderman, B. (1992). Structural analysis of hypertexts: identifying hierarchies and useful metrics. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 10(2), 142-180.
- Bishop, A. P. & Bruce, B. (2002) Usability research as participative inquiry. In A. Blandford & G. Buchanan (Eds.) Proc. Workshop on Usability of Digital Libraries at JCDL'02. 26-28.
- Blackler, A. L., Popovic, V., & Mahar, D. P. (2005). Intuitive interaction applied to interface design.
- Blackler, A. L., Popovic, V., & Mahar, D. P. (2006). Towards a design methodology for applying intuitive interaction.
- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (1999). *The unified modeling language user guide*. Pearson Education India.
- Brajnik, G. (2000, June). Automatic web usability evaluation: what needs to be done. In *Proc. Human Factors and the Web, 6th Conference*.
- Breakey, V. R., Warias, A. V., Ignas, D. M., White, M., Blanchette, V. S., & Stinson, J. N. (2013). The value of usability testing for Internet-based adolescent self-management interventions: "Managing Hemophilia Online". *BMC medical informatics and decision making*, 13(1), 1.
- Brinck, T., Gergle, D., & Wood, S. D. (2001). *Usability for the Web: designing Web sites that work*.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User modeling and user-adapted interaction*, 6(2-3), 87-129.
- Brusilovsky, P. (2001). User modeling and user-adapted interaction. *Adaptive Hypermedia*. Vol 11. No. 1-2.
- Brusilovsky, P. (2004). Adaptive Navigation Support: From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web and Beyond. *Psychology Journal*, 2(1), 7-23.
- Brusilovsky, P., Ahn, J. W., Dumitriu, T., & Yudelson, M. (2006, July). Adaptive knowledge-based visualization for accessing educational examples. In *Tenth International Conference on Information Visualisation (IV'06)* (pp. 142-150). IEEE.
- Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007, January). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In *The adaptive web* (pp. 3-53). Springer-Verlag.

- Burke, R.(2007). Hybrid web recommender systems. In *The adaptive web* (pp. 377-408). Springer Berlin Heidelberg.
- Calero, C., Ruiz, J., & Piattini, M. (2005). Classifying web metrics using the web quality model. *Online Information Review*, 29(3), 227-248.
- Caro, A., Calero, C., Caballero, I., & Piattini, M. (2008). A proposal for a set of attributes relevant for Web portal data quality. *Software Quality Journal*, 16(4), 513-542.
- Castro, C. C., Meliá, S., Genero, M., Poels, G., & Calero, C. (2007). Towards improving the navigability of Web applications: a model-driven approach. *European Journal of Information Systems*, 16(4), 420-447.
- Ceri, S., Fraternali, P., & Bongio, A. (2000). Web Modeling Language (WebML): a modeling language for designing Web sites. *Computer Networks*, 33(1), 137-157.
- Chalmers, P. A. (2003). The role of cognitive theory in human-computer interface. *Computers in human behavior*, 19(5), 593-607.
- Conte, T., Massollar, J., Mendes, E., & Travassos, G. H. (2007, September). Usability evaluation based on Web design perspectives. In *Empirical Software Engineering and Measurement, 2007. ESEM 2007. First International Symposium on* (pp. 146-155). IEEE.
- Cooke, L. (2010). Assessing concurrent think-aloud protocol as a usability test method: A technical communication approach. *Professional Communication, IEEE Transactions on*, 53(3), 202-215.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Chaparro, B. S. (2008). Usability Evaluation of a University Portal Website. *Usability News*, 10(2), 1-7.
- Chen, P. P. S. (1976). The entity-relationship model—toward a unified view of data. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, 1(1), 9-36.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. *Modern methods for business research*, 295(2), 295-336.
- Chofa, S., Cooharojananone, N., & Phimoltares, S. (2012, May). The new screen design for the internet banking websites in Thailand (case study: university student). In *Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2012 International Joint Conference on* (pp. 242-246). IEEE.

- Christoun, S., Aubin, H., Hannon, C., & Wolk, R. (2006). Web site usability in higher education. *Director*, 07.
- Davids, M. R. (2015). *Development and usability evaluation of a multimedia e-learning resource for electrolyte and acid-base disorders* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- De Araujo, R. M., Santoro, F. M., & Borges, M. R. (2002). The CSCW lab for groupware evaluation. In *Groupware: Design, Implementation, and Use* (pp. 222-231). Springer Berlin Heidelberg.
- De Castro, V., Marcos, E., & Lopez Sanz, M. (2006). A model driven method for service composition modelling: a case study. *International Journal of Web Engineering and Technology*, 2(4), 335-353.
- De Castro, V., Genero, M., Marcos, E., & Piattini, M. (2007, December). Including routes in web information systems as a way to improve the navigability: An empirical study. In *Web Information Systems Engineering—WISE 2007 Workshops* (pp. 505-510). Springer Berlin Heidelberg.
- De Troyer, O. M. F., & Leune, C. J. (1998). WSDM: a user centered design method for Web sites. *Computer Networks and ISDN systems*, 30(1), 85-94.
- Deshpande, Y., Murugesan, S., Ginige, A., Hansen, S., Schwabe, D., Gaedke, M., & White, B. (2003). Web engineering. *arXiv preprint cs/0306108*.
- Dedeke, A. (2000, October). A Conceptual Framework for Developing Quality Measures for Information Systems. In *IQ* (pp. 126-128).
- Deepa, N., Priyadarsini, S., Mahadevan, V., & Wilson, J. (2012). ADAPTIVE HYPERMEDIA USING LINK ANNOTATION TECHNOLOGY AND RECOMMENDER MODEL (AHLARM). *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 46(2).
- Dennis, A. R. (1998). Lessons from three years of web development. *Communications of the ACM*, 41(7), 112-113.
- Detlor, B. (2000). The corporate portal as information infrastructure: towards a framework for portal design. *International Journal of Information Management*, 20(2), 91-101.
- Dix, A. J. (1993). Formal methods in HCI: Moving towards an engineering approach. *Proc. NDISD'93, HCI: Making software usable*, 30-48.

- Do Canto, S., & Da Rosa, I. B. (2014, June). Usability of the Cape Verdean government websites. In *2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1- 6). IEEE.
- Dubey, S. K., & Rana, A. (2010). Analytical roadmap to usability definitions and decompositions. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(9), 4723-4729.
- Dubey, S. K., Gulati, A., & Rana, A. (2012). Integrated model for software usability. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 4(3), 429-437.
- Ekşioğlu, M., Kiris, E., Çapar, B., Selçuk, M. N., & Ouzeir, S. (2011, July). Heuristic evaluation and usability testing: case study. In *International Conference on Internationalization, Design and Global Development* (pp. 143-151). Springer Berlin Heidelberg.
- Ericson, K. A., Simon, H. A., & Simon, H. (1993). Protocol analysis: Verbal reports as data (revised edition).
- Fang, X., & Holsapple, C. W. (2007). An empirical study of web site navigation structures' impacts on web site usability. *Decision Support Systems*, 43(2), 476-491.
- Fang, X., Hu, P. J. H., Chau, M., Hu, H. F., Yang, Z., & Sheng, O. R. L. (2012). A data-driven approach to measure web site navigability. *Journal of Management Information Systems*, 29(2), 173-212.
- Farkas, D. K., & Farkas, J. B. (2000). Guidelines for designing web navigation. *Technical communication*, 47(3), 341-358.
- Faulkner, L. (2003). Beyond the five-user assumption: Benefits of increased sample sizes in usability testing. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 35(3), 379-383.
- Fernandez, A., Insfran, E., & Abrahão, S. (2009). *Integrating a usability model into model-driven web development processes* (pp. 497-510). Springer Berlin Heidelberg.
- Fernández Martínez, A. (2012). *A Usability Inspection Method for Model-driven Web Development Processes* (Doctoral dissertation).
- Fiedler, Gunar, et al. (2007) "Process Improvement for Web Information Systems Engineering." *Proceedings of the 7th International SPICE Conference on Process Assessment and Improvement*.

- Fitzpatrick, R., & Higgins, C. (1998). Usable software and its attributes: A synthesis of software quality, European Community law and human-computer interaction. In *People and Computers XIII* (pp. 3-21). Springer London.
- Frasincar, F., Houben, G. J., & Vdovjak, R. (2002, May). Specification framework for engineering adaptive web applications. In *The Eleventh International World Wide Web Conference, Web Engineering Track*.
- Fraternali, P., & Paolini, P. (2000). Model-driven development of Web applications: the AutoWeb system. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 18(4), 323-382.
- General Electric Company, McCall, J. A., Richards, P. K., & Walters, G. F. (1977). *Factors in software quality: Final report*. Information Systems Programs, General Electric Company.
- Ghasemifard, N., Shamsi, M., Kenari, A. R. R., & Ahmadi, V. (2015). A New View at Usability Test Methods of Interfaces for Human Computer Interaction. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 15(1).
- Ginige A., Murugesan S. (2001) Web Engineering: An Introduction. *IEEE Multimedia*, 1-3, pp. 14-18.
- Goh, K. N., Chen, Y. Y., Lai, F. W., Daud, S. C., Sivaji, A., & Soo, S. T. (2013, April). A comparison of usability testing methods for an e-commerce website: A case study on a Malaysia online gift shop. In *Information Technology: New Generations (ITNG), 2013 Tenth International Conference on* (pp. 143-150). IEEE.
- Gómez, J., & Cachero, C. (2003). OO-H Method: extending UML to model web interfaces. *Information modeling for internet applications*, 144-173.
- Granić, A., Mitrović, I., & Marangunić, N. (2009). Web Portal Design: Employment of a Range of Assessment Methods. In *Information Systems Development* (pp. 131-139). Springer US.
- Granollers, T., & Lorés, J. (2004). Esfuerzo de Usabilidad: un nuevo concepto para medir la usabilidad de un sistema interactivo basada en el Diseño Centrado en el Usuario. In *V Congreso Interacción Persona Ordenador* (pp. 3-7).
- Gray, W. D., & Salzman, M. C. (1998). Damaged merchandise? A review of experiments that compare usability evaluation methods. *Human-Computer Interaction*, 13(3), 203-261.
- Gulati, A., & Dubey, S. K. (2012). Critical analysis on usability evaluation techniques. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(3).

- Hanrath, S., & Kottman, M. (2015). Use and usability of a discovery tool in an academic library. *Journal of Web Librarianship*, 9(1), 1-21.
- Hart, D., & Portwood, D. M. (2009, July). Usability testing of web sites designed for communities of practice: tests of the IEEE Professional Communication Society (PCS) web site combining specialized heuristic evaluation and task-based user testing. In *2009 IEEE International Professional Communication Conference* (pp. 1-17). IEEE.
- Hartson, H. R., Andre, T. S., & Williges, R. C. (2003). Criteria for evaluating usability evaluation methods. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 15(1).
- Hasan, L. (2012, June). Evaluating the usability of nine Jordanian university websites. In *Communications and Information Technology (ICCIT), 2012 International Conference on* (pp. 91-96). IEEE.
- Hasan, L. (2013a). Heuristic Evaluation of Three Jordanian University Websites. *Informatics in Education*, 12(2), 231-251.
- Hasan, L. (2013b). Using university ranking systems to predict usability of university |websites. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 10(2), 235-250.
- Hasan, L. (2014a). Can Students Complete Typical Tasks on University Websites Successfully?. In *5th International Conference on Education and Educational Technologies* (pp. 141- 147).
- Hasan, L. (2014b). Evaluating the Usability of Educational Websites Based on Students' Preferences of Design Characteristics. *The International Arab Journal of e-Technology (IAJeT)*, 3(3), 179-193.
- Hasan, L. (2014c). The usefulness of user testing methods in identifying problems on university websites. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 11(2), 229- 256.
- Hassan, S., & Li, F. (2007). Evaluating the usability and content usefulness of web sites: a benchmarking approach. *Electronic Commerce: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 402.
- Hennicker, R., & Koch, N. (2001). Systematic Design of Web Applications with UML. *Unified Modeling Language: Systems Analysis, Design and Development Issues*, pp. 1–20.
- Hernández, B., Jiménez, J., & Martín, M. J. (2009). Key website factors in e-business strategy. *International Journal of information management*, 29(5), 362-371.

- Herring, M. (2012). The Effect of Web Usability on Users' Web Experience.
- Hertzum, M., & Jacobsen, N. E. (2003). The evaluator effect: A chilling fact about usability evaluation methods. *International journal of human-computer interaction*, 15(1), 183-204.
- Hertzum, M., Molich, R., & Jacobsen, N. E. (2014). What you get is what you see: revisiting the evaluator effect in usability tests. *Behaviour & Information Technology*, 33(2), 144-162.
- Hix, D., & Hartson, H. R. (1993). *Developing user interfaces: ensuring usability through product & process*. John Wiley & Sons, Inc..
- Holzinger, A. (2005). SOFTWARE DEVELOPERS. *COMMUNICATIONS OF THE ACM*, 48(1), 71.
- Hornbæk, K. (2006). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *International journal of human-computer studies*, 64(2), 79-102.
- Hoofnagle, C. J., King, J., Li, S., & Turow, J. (2010). How different are young adults from older adults when it comes to information privacy attitudes and policies?. Available at SSRN 1589864.
- Huang, L., & Li, M. (2010, November). Research on C2C e-commerce website usability evaluation system. In *Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design (CAIDCD), 2010 IEEE 11th International Conference on* (Vol. 2, pp. 1371-1374). IEEE.
- Hussain, L. Z. M., & Kadhim, M. M. (2014). Design and Implementation of a Website Usability Model. *Al-Mansour Journal Issue(21)*
- Isakowitz, T., Bieber, M., & Vitali, F. (1998). Web information systems. *Communications of the ACM*, 41(7)78.
- ISO/IEC (2005), ISO/IEC 25000: Software Engineering – Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guide to SQuaRE, International Organisation for Standardisation, Geneva
- ISO/IEC (2008), ISO/IEC 25012:2008, Software Engineering – Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Data Quality Model, International Organisation for Standardisation, Geneva
- Ivory, M. Y., & Chevalier, A. (2002). A study of automated web site evaluation tools. *University of Washington, Department of Computer Science* 2002.

- Ivory, M. Y., Sinha, R. R., & Hearst, M. A. (2001, March). Empirically validated web page design metrics. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 53-60). ACM.
- Jaspers, M. W., Steen, T., van Den Bos, C., & Geenen, M. (2004). The think aloud method: a guide to user interface design. *International journal of medical informatics*, 73(11), 781- 795.
- Jinling, C., & Huan, G. (2007, October). Measuring Website Usability of Chinese Enterprise with a Heuristic Procedure. In *e-Business Engineering, 2007. ICEBE 2007. IEEE International Conference on* (pp. 396-399). IEEE.
- Jøsang, A., Zomai, M. A., & Suriadi, S. (2007, January). Usability and privacy in identity management architectures. In *Proceedings of the fifth Australasian symposium on ACSW frontiers-Volume 68* (pp. 143-152). Australian Computer Society, Inc.
- Kalbach, J., & Bosenick, T. (2006). Web page layout: A comparison between left-and right-justified site navigation menus. *Journal of Digital Information*, 4(1).
- Kandari, J. (2010). Information Quality on the World Wide Web: A User Perspective.
- Kappel, G., Pröll, B., Retschitzegger, W., & Schwinger, W. (2003). *Customisation for ubiquitous web applications*.
- Kappel, G., Pröll, B., Reich, S., & Retschitzegger, W. (2005). Web Engineering.
- Kaur, A., & Dani, D. (2011). The Systematic Review of Web Measurement. *International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSSES) Vol,2*.
- Kahn, B. K., Strong, D. M., & Wang, R. Y. (2002). Information quality benchmarks: product and service performance. *Communications of the ACM*, 45(4), 184-192.
- Kaplan, C., Fenwick, J., & Chen, J. (1993). Adaptive hypertext navigation based on user goals and context. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 3(3), 193-220.
- Kerlinger, F.N., & Lee, H.B. (2000). *Foundations of behavioral research* (4th ed.). Fort Worth, TX: Harcourt College Publishers
- Khan, M., & Nair, S. (2014). Survey of Content Based Recommendation Systems in a nutshell. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Electronics Engineering (IJARCSEE)*.
- Kitchenham (2007), Budgen et al. (2008), y Petersen et al. (2008). Usabilidad y Calidad

- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (2nd Ed.). New York: Guilford.
- Knight, S. A., & Burn, J. M. (2005). Developing a framework for assessing information quality on the World Wide Web. *Informing Science: International Journal of an Emerging Trans discipline*, 8(5), 159-172.
- Knight, S. A. (2008). *User perceptions of information quality in World Wide Web information retrieval behaviour* (Doctoral dissertation, Edith Cowan University).
- Knight, S. A. (2011). The combined conceptual life cycle model of information quality in user perceptions of IQ on the Web.
- Kobsa, A., Koenemann, J., & Pohl, W. (2001). Personalised hypermedia presentation techniques for improving online customer relationships. *The knowledge engineering review*, 16(02), 111-155.
- Koch, N., Knapp, A., Zhang, G., & Baumeister, H. (2008). UML-based web engineering. In *Web Engineering: Modelling and Implementing Web Applications* (pp. 157-191). Springer London.
- Koch, N., Meliá-Beigbeter, S., Moreno-Vergara, N., Pelechano-Ferragud, V., Sánchez-Figueroa, F., & Vara-Mesa, J. (2008). Model-driven web engineering. *Upgrade-Novática Journal (English and Spanish), Council of European Professional Informatics Societies (CEPIS) IX (2)*, 40-45.
- Koohang, A., & Paliszkievicz, J. (2014). EMPIRICAL VALIDATION OF AN LEARNING COURSEWARE USABILITY MODEL. *Issues in Information Systems*, 15(2).
- Koukoultsos, K., Khazaei, B., Dearden, A., & Ozcan, M. (2009). Teaching usability principles with patterns and guidelines. In *Creativity and HCI: From Experience to Design in Education* (pp. 159-174). Springer US.
- Kovac, R., & Weickert, C. (2002). Starting with Quality: Using TDQM in a Start-Up Organization. In *IQ* (pp. 69-78).
- Krahmer, E., & Ummelen, N. (2004). Thinking about thinking aloud: A comparison of two verbal protocols for usability testing. *Professional Communication, IEEE Transactions on*, 47(2), 105-117.
- Leavitt, M. O., & Shneiderman, B. (2006). Research-based web design & usability guidelines. *US Department of Health and Human Services*.

- Lee, Y. W., Strong, D. M., Kahn, B. K., & Wang, R. Y. (2002). AIMQ: a methodology for information quality assessment. *Information & management*, 40(2), 133-146.
- Lencastre, J., & Chaves, J. (2008). A usability evaluation of educational websites. In *Proceedings of EADTU Conference*.
- Levin, M. S. (2011). Towards Configuration of applied Web-based information system. *arXiv preprint arXiv:1108.6223*.
- Lewis, C. (1982). *Using the "thinking-aloud" method in cognitive interface design*. IBM TJ Watson Research Center.
- Li, L. C., Adam, P. M., Townsend, A. F., Lacaille, D., Yousefi, C., Stacey, D., & Backman, C.L. (2013). Usability testing of ANSWER: a web-based methotrexate decision aid for patients with rheumatoid arthritis. *BMC medical informatics and decision making*, 13(1), 1.
- Lin, T. (2004). Cognitive profiling towards formal adaptive technologies in web-based learning communities. *International Journal of Web Based Communities*, 1(1), 103-108.
- Liu, F. (2008, November). Usability evaluation on websites. In *Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, 2008. CAID/CD 2008. 9th International Conference on* (pp. 141-144). IEEE.
- Lodhi, A. (2010, October). Usability Heuristics as an assessment parameter: For performing Usability Testing. In *Software Technology and Engineering (ICSTE), 2010 2nd International Conference on* (Vol. 2, pp. V2-256). IEEE.
- Lynch, K. R., Schwerha, D. J., & Johanson, G. A. (2013). Development of a weighted heuristic for website evaluation for older adults. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29(6), 404-418.
- MANZOOR, M., & HUSSAIN, W. (2012). A Web Usability Evaluation Model for Higher Education Providing Universities of Asia. *Sci., Tech. and Dev*, 31(2), 183-192.
- Martínez, A. C., Mendoza, H. M. T., & Alvarez, M. M. R. (2003). Análisis Multivariado: un manual para investigadores. → CATENA
- Martínez, A. F. (2012). A Usability Inspection Method for Model-driven Web Development Processes.
- Massey, A. P., Khatrim, V., & Montoya-Weiss, M. M. (2008, January). Online services, customer characteristics and usability requirements. In *Hawaii International Conference on System Sciences, Proceedings of the 41st Annual* (pp. 33-33). IEEE.

- McDonald, S., Edwards, H. M., & Zhao, T. (2012). Exploring think-alouds in usability testing: An international survey. *Professional Communication, IEEE Transactions on*, 55(1).
- McDonald, S., McGarry, K., & Willis, L. M. (2013, September). Thinking-aloud about web navigation the relationship between think-aloud instructions, task difficulty and performance. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 57, No. 1, pp. 2037-2041). SAGE Publications.
- Meiselwitz, G., & Trajkovski, G. (2006, June). Effects of computer competency on usability and learning experience in online learning environments. In *Seventh ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing (SNPD'06)* (pp. 339-342). IEEE.
- Mentes, S. A., & Turan, A. H. (2012). Assessing the Usability of University Websites: An Empirical Study on Namik Kemal University. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 11(3), 61-69.
- Michalski, R. (2008). The effects of panel location, target size, and gender on efficiency in simple direct manipulation tasks. *Human-Computer Interaction*, 11.
- Mobrand, K. A., & Spyridakis, J. H. (2007). Explicitness of local navigational links: comprehension, perceptions of use, and browsing behavior. *Journal of Information Science*, 33(1), 41-61.
- Mondal, M., Druschel, P., Gummadi, K. P., & Mislove, A. (2014). Beyond access control: Managing online privacy via exposure. In *Proceedings of the Workshop on Usable Security, USEC* (Vol. 14).
- Montero, F., Lozano, M., González, P., & Ramos, I. (2003). A first approach to design web sites by using patterns. In *Second Latin American Conference on Pattern Languages of Programming* (pp. 137-158).
- Moore, M., Bias, R. G., Prentice, K., Fletcher, R., & Vaughn, T. (2009). Web usability testing with a Hispanic medically underserved population. *Journal of the Medical Library Association*, 97(2), 114.
- Moraga, C., Moraga, M., Calero, C., & Caro, A. (2009, August). SQuaRE-aligned data quality model for web portals. In *Quality Software, 2009. QSIC'09. 9th International Conference*.
- Moraga, C., Moraga, M. Á., Caro, A., & Calero, C. (2010, July). Modeling the intrinsic quality of web portal data. In *13th Workshop on Quantitative Approaches on Object-Oriented Software Engineering and Related Paradigms, Málaga, Spain* (pp. 1-12).

- Moreno, N., Romero, J. R., & Vallecillo, A. (2008). An overview of model-driven web engineering and the mda. In *Web Engineering: Modelling and Implementing Web Applications* (pp. 353-382). Springer London.
- Murugesan, S., Deshpande, Y., Hansen, S., & Ginige, A. (2001). Web engineering: A new discipline for development of web-based systems. In *Web Engineering* (pp. 3-13). Springer Berlin Heidelberg.
- Mustafa, S. H., & Al-Zoua'bi, L. (2008). Usability of the Academic Websites of Jordan's Universities An Evaluation Study. *Yarmouk University, Faculty of Information Technology*2008.
- Nariman, D. (2010, February). E-Government Websites Evaluation Using Correspondence Analysis. In *Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS), 2010 International Conference on* (pp. 1147-1152). IEEE.
- Nathan, R. J., & Yeow, P. H. (2009). An empirical study of factors affecting the perceived usability of websites for student Internet users. *Universal Access in the Information Society*, 8(3), 165-184.
- Nicolson, D. J., Knapp, P., Gardner, P., & Raynor, D. K. (2011). Combining concurrent and sequential methods to examine the usability and readability of websites with information about medicines. *Journal of Mixed Methods Research*, 5(1), 25-51.
- Nielsen, J. (1989, September). Usability engineering at a discount. In *Proceedings of the third international conference on human-computer interaction on Designing and using human-computer interfaces and knowledge based systems (2nd ed.)* (pp. 394-401). Elsevier Science Inc.
- Nielsen, J. (1992, June). Finding usability problems through heuristic evaluation. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 373-380). ACM.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*, Academic Press, Boston, MA.
- Nielsen, J. (1995). 10 usability heuristics for user interface design. *Fremont: Nielsen Norman Group.*[Consult. 20 maio 2014]. Disponível na Internet.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Elsevier.
- Nielsen, J. (1999). *Designing web usability: The practice of simplicity*. New Riders Publishing.
- Nielsen, J. (2000). *Web usability*. Apogeo Editore.

- Nielsen, J. (2001). First rule of usability? Don't listen to users. *The Alertbox: Current Issues in Web Usability*. See: < <http://www.useit.com/alertbox/20010805.html>.
- Nielsen, J., Tahir, M., & Tahir, M. (2002). *Homepage usability: 50 websites deconstructed* (Vol. 50). Indianapolis, IN: New Riders.
- Nielsen, J. (2003). Usability 101: Introduction to usability.
- Nielsen, J. (2005). Usability of websites for teenagers. *Alertbox*. URL [www.useit.com/alertbox/teenagers.html](http://www.useit.com/alertbox/teenagers.html), 31.
- Nielsen, J. (2008). Characteristics of usability problems found by heuristic evaluation.
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990, March). Heuristic evaluation of user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 249-256). ACM.
- Nielsen, J. (2012). How many test users in a usability study. *Nielsen Norman Group*, 4.
- Noor, N. L. M., & Nordin, A. (2012). Requirements Elicitation for the Technology Conception of a Community Information System for the Indigenous Microenterprise: A Contextual Multi-Analysis Approach on Business and Community Requirements of Batik Making. *Electronic Journal Information Systems Evaluation Volume*, 15(1).
- Obeso, M. E. A., Lovelle, J. M. C., & Prieto, A. B. M. (2005). *Metodología de medición y evaluación de la usabilidad en sitios web educativos* (p. 31). Universidad de Oviedo.
- Olmsted-Hawala, E. L., Murphy, E. D., Hawala, S., & Ashenfelter, K. T. (2010, July). Think-aloud protocols: Analyzing three different think-aloud protocols with counts of verbalized frustrations in a usability study of an information-rich website. In *IEEE International Professional Communications Conference (IPCC)* (pp. 60-66).
- Olsina, L., & Rossi, G. (2002). Measuring Web application quality with WebQEM. *Ieee Multimedia*, 9(4), 20-29.
- Olsina, L., Lafuente, G., & Pastor, O. (2002). Towards a reusable repository for web metrics. *J. Web Eng.*, 1(1), 61-73.
- Orehovacki, T. (2010, June). Proposal for a set of quality attributes relevant for Web 2.0 application success. In *Information Technology Interfaces (ITI), 2010 32nd International Conference on* (pp. 319-326). IEEE.
- Otaiza, R., Rusu, C., & Roncagliolo, S. (2014). Evaluating the usability of transactional Web Sites.

- Oztekin, A., Nikov, A., & Zaim, S. (2009). UWIS: An assessment methodology for usability of web-based information systems. *Journal of Systems and Software*, 82(12), 2038-2050.
- Panach, J. I., Juristo, N., & Pastor, O. (2013). Including functional usability features in a model-driven development method. *Computer Science and Information Systems*, 10(3), 999-1024.
- Panchón, F. T. (2004). Análisis del modelo europeo de excelencia mediante la aplicación de modelos de ecuaciones estructurales. *Centro Andaluz para la excelencia en la gestión*.
- Panda, S. K., Swain, S. K., & Mall, R. (2015). An Investigation into Usability Aspects of E-Commerce Websites Using Users' Preferences. *Advances in Computer Science: an International Journal*, 4(1), 65-73.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). Servqual. *Journal of retailing*, 64(1).
- Pastor, O., Fons, J., & Pelechano, V. (2003, July). Oows: A method to develop web applications from web-oriented conceptual models. In *International Workshop on Web Oriented Software Technology (IWWOST)*.
- Paz, F., Paz, F. A., Villanueva, D., & Pow-Sang, J. A. (2015, April). Heuristic evaluation as a complement to usability testing: a case study in web domain. In *Information Technology- New Generations (ITNG), 2015 12th International Conference on* (pp. 546-551). IEEE.
- Pipino, L. L., Lee, Y. W., & Wang, R. Y. (2002). Data quality assessment. *Communications of the ACM*, 45(4), 211-218.
- Pokhrel, P., & Vemulapalli, S. P. B. (2010). Measuring satisfaction of usage for web-based information system (wbis) for e-services.
- Pons, C., Giandini, R. S., & Pérez, G. (2010). Desarrollo de software dirigido por modelos.
- Preece, J. (1993). Hypermedia, multimedia and human factors. *Interactive Multimedia. London: Kogan Page*, 135-150.
- Preece, J., & Rombach, H. D. (1994). A taxonomy for combining software engineering and human-computer interaction measurement approaches: towards a common framework. *International journal of human-computer studies*, 41(4), 553-583.
- Preece, J. (1999). Empathic communities: Balancing emotional and factual communication. *Interacting with computers*, 12(1), 63-77.

- Preece, J. (2001). Sociability and usability in online communities: Determining and measuring success. *Behaviour & Information Technology*, 20(5), 347-356.
- Preece, J. (2002, January). Interaction issues for special applications. In *The human-computer interaction handbook* (pp. 523-525). L. Erlbaum Associates Inc..
- Preece, J. et al (2007). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Wiley; 2 edition, 2007. ISBN: 978-0470018668. (2002).
- Quesenbery, W. (2001, October). What Does Usability Mean: Looking Beyond Ease of Use'. In *Annual conference-society for technical communication* (Vol. 48, pp. 432-436).
- Quesenbery, W. (2003). *The five dimensions of usability* (Vol. 20, pp. 89-90). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rafique, I., Lew, P., Abbasi, M. Q., & Li, Z. (2012). Information quality evaluation framework: Extending iso 25012 data quality model. *International Journal of Computer and Information Sciences*, 1, 1-6.
- Rama, A., & Dhanraj, S. V. (2014). Web Usability Testing Technique Using Clear Methodology. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 20(4), 475-478.
- Raykov, T., & Marcoulides, G. A. (2012). *A first course in structural equation modeling*. Routledge.
- Rhee, C., Moon, J., & Choe, Y. (2006). Web interface consistency in e-learning. *Online Information Review*, 30(1), 53-69.
- Rivadeneira, W., & Bederson, B. B. (2003). A study of search result clustering interfaces: Comparing textual and zoomable user interfaces. *Studies*, 21(5).
- Romano Romano, J. C., Olmsted-Hawala, E. L., Chen, J. M., & Murphy, E. D. (2011). Conducting iterative usability testing on a web site: challenges and benefits. *Journal of Usability Studies*, 7(1), 9-30.
- Roy, S., Pattnaik, P. K., & Mall, R. (2014). A quantitative approach to evaluate usability of academic websites based on human perception. *Egyptian Informatics Journal*.
- Salvador, C., Nakasone, A., & Pow-Sang, J. A. (2014, April). A systematic review of usability techniques in agile methodologies. In *Proceedings of the 7th Euro American Conference on Telematics and Information Systems* (p. 17). ACM.
- Sands II, M. K. S., & Simmons, D.R. (2014). Utilizing Think-Aloud Protocols to Assess the Usability of a Test for Ethical Sensitivity in Construction. 121st ASEE Annual Conference & Exposition, Indianapolis.

- Sandvig, J. C., & Bajwa, D. (2004). Information seeking on university web sites: an exploratory study. *Journal of Computer Information Systems*, 45(1), 13-22.
- Shackel, B. (1991). Usability-context, framework, definition, design and evaluation. *Human factors for informatics usability*, 21-37.
- Schewe, Klaus-Dieter, and Bernhard Thalheim. "Conceptual modelling of web information systems." *Data & Knowledge Engineering* 54.2 (2005): 147-188.
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2004). *A beginner's guide to structural equation modeling*. Psychology Press.
- Schwabe, D., Rossi, G., & Barbosa, S. D. (1996, March). Systematic hypermedia application design with OOHDH. In *Proceedings of the seventh ACM conference on Hypertext* (pp. 116-128). ACM.
- Schwabe, D., de Almeida Pontes, R., & Moura, I. (1999). OOHDH-Web: an environment for implementation of hypermedia applications in the WWW. *ACM SigWEB Newsletter*, 8(2), 18-34.
- Seffah, A., Donyaee, M., Kline, R. B., & Padda, H. K. (2006). Usability measurement and metrics: A consolidated model. *Software Quality Journal*, 14(2), 159-178.
- Seffah, A., Mohamed, T., Habieb-Mammar, H., & Abran, A. (2008). Reconciling usability and interactive system architecture using patterns. *Journal of Systems and Software*, 81(11), 1845-1852.
- Sharp, H, Rogers, Y, Preece, J. (2007). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction* (2nd edition), Wiley
- Shneiderman, B., Nielsen, J., Butler, S., Levi, M., & Conrad, F. (1998, April). Is the Web really different from everything else?. In *CHI 98 Conference Summary on Human Factors in Computing Systems* (pp. 92-93). ACM.
- Shneiderman, B. (2000). Universal usability. *Communications of the ACM*, 43(5), 84-91.
- Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2005). Chapter 1: Usability of Interactive Systems. *Designing the User Interface*.
- Shneiderman, B., & Leavitt, M. O. (2006). Research-Based Web Design and Usability Guidelines. *Washington DC, Department of Health and Human Services*.
- Sousa, P., Fonseca, H., Gaspar, P., & Gaspar, F. (2015). Usability of an internet-based platform (Next Step) for adolescent weight management. *Jornal de Pediatria (Versão em Português)*, 91(1), 68-74.

- Strong, D. M., Lee, Y. W., & Wang, R. Y. (1997). Data quality in context. *Communications of the ACM*, 40(5), 103-110.
- Suwawi, D. D. J., Darwiyanto, E., & Rochmani, M. (2015, May). Evaluation of academic website using ISO/IEC 9126. In *Information and Communication Technology (ICoICT), 2015 3rd International Conference on* (pp. 222-227). IEEE.
- Swaak, M., de Jong, M., & de Vries, P. (2009, July). Effects of information usefulness, visual attractiveness, and usability on web visitors' trust and behavioral intentions. In *2009 IEEE International Professional Communication Conference* (pp. 1-5). IEEE.
- Tauscher, L., & Greenberg, S. (1997). How people revisit web pages: Empirical findings and implications for the design of history systems. *International Journal of Human-Computer Studies*, 47(1), 97-137.
- Tee, S. S., Wook, T. S. M. T., & Zainudin, S. (2013). User testing for moodle application. *analysis*, 7(5).
- Tsandilas, T. (2003). Adaptive Hypermedia and Hypertext Navigation.
- Tüzün, h., Akinci, a., Kurtoğlu, m., atal, d., & pala, f. k. (2013). a study on the usability of a university registrar's office website through the methods of authentic tasks and eye-tracking. *tojet*, 12(2).
- Tullis, T. S., & Stetson, J. N. (2004, June). A comparison of questionnaires for assessing website usability. In *Usability Professional Association Conference*(pp. 1-12).
- Valkanova, N., Cukurova, M., Berner, A., Avramides, K., & Mavrikis, M. (2016). Opening the Black Box of Practice-Based Learning: Human-Centred Design of Learning Analytics.
- Valverde, F., Valderas, P., & Fons, J. (2007). OOWS Suite: Un Entorno de Desarrollo para Aplicaciones Web basado en MDA. In *CibSE* (pp. 253-266).
- Van den Haak, M. J., de Jong, M. D., & Schellens, P. J. (2004). Employing think-aloud protocols and constructive interaction to test the usability of online library catalogues: a methodological comparison. *Interacting with computers*, 16(6), 1153-1170.
- Van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. (1994). *The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes* (Vol. 2). London: Academic Press.
- Vaucher, S., & Sahraoui, H. (2010, September). Multi-level evaluation of web site navigability. In *Web Systems Evolution (WSE), 2010 12th IEEE International Symposium on* (pp. 93-100). IEEE.

- Venkatesh, V., Hoehle, H., & Aljafari, R. (2014). A usability evaluation of the Obamacare website. *Government Information Quarterly*, 31(4), 669-680.
- Vdovjak, R., & Houben, G. J. (2002, January). Providing the semantic layer for WIS design. In *Advanced Information Systems Engineering* (pp. 584-599). Springer Berlin Heidelberg.
- Vdovjak, R., Frasincar, F., Houben, G. J., & Barna, P. (2003). Engineering semantic web information systems in Hera. *J. Web Eng.*, 2(1-2), 3-26.
- Wand, Y., & Wang, R. Y. (1996). Anchoring data quality dimensions in ontological foundations. *Communications of the ACM*, 39(11), 86-95.
- Wang, F., & Head, M. M. (2001). A model for Web-based information systems in e-retailing. *Internet Research*, 11(4), 310-321.
- Wang, R. Y., & Strong, D. M. (1996). Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. *Journal of management information systems*, 12(4), 5-33.
- Wang, X., & Liu, J. (2007, September). Usability evaluation of B2C web site. In *2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing* (pp. 3837-3840). IEEE.
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *Management Information Systems Quarterly*, 26(2), 3.
- Whitefield, A., Wilson, F., & Dowell, J. (1991). A framework for human factors evaluation. *Behaviour & Information Technology*, 10(1), 65-79.
- Wilder, A. (2007). Usability of Government Websites. *A Master's Paper for the MS in LS degree, University of North Carolina*.
- Williams, T. R. (2000). Guidelines for Designing and Evaluating the Display of Information on the Web. *Technical communication*, 47(3), 383-396.
- Wojdyski, B. W., & Kalyanaraman, S. (2016). The three dimensions of website navigability: Explication and effects. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(2), 454-464.
- Worwa, K., & Stanik, J. (2010). Quality of Web-based information systems. *Journal of Internet Banking and Commerce*, 15(3).
- Yammiyavar, P., & Deshpande, Y. (2012, January). Usability evaluation of a virtual lab by adapting structured & unstructured techniques. In *Technology Enhanced Education (ICTEE), 2012 IEEE International Conference on* (pp. 1-10). IEEE.

- Yeratziotis, A., Van Greunen, D., & Pottas, D. (2011, October). Recommendations for usable security in online health social networks. In *Pervasive Computing and Applications (ICPCA), 2011 6th International Conference on* (pp. 220-226). IEEE.
- Yetim, F. (2009). A deliberation theory-based approach to the management of usability guidelines. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 12, 73-105.
- Yusuf, S. U., Taslim, J., Adnan, W. A. W., & Baharudin, S. K. (2014, September). Usability evaluation of Human Resource Management Information System (HRMIS). In *User Science and Engineering (i-USEr), 2014 3rd International Conference on* (pp. 204-209). IEEE.
- Zainudin, N. M., Ahmad, W. F. W., & Nee, G. K. (2010, June). Evaluating C2C e-commerce website usability in Malaysia from users' perspective: A case study. In *2010 International Symposium on Information Technology* (Vol. 1, pp. 151-156). IEEE.
- Zhang, P., & Von Dran, G. (2001, January). Expectations and rankings of Web site quality features: Results of two studies on user perceptions. In *System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on* (pp. 10-pp). IEEE.
- Zhang, Y. (2005). *Quality Modelling and Metrics of Web-based Information Systems* (Doctoral dissertation, Oxford Brookes University).
- Zhang, Y., Zhu, H., & Greenwood, S. (2004, September). Web site complexity metrics for measuring navigability. In *Quality Software, 2004. QSIC 2004. Proceedings. Fourth International Conference on* (pp. 172-179). IEEE.