



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
MAESTRÍA EN SOFTWARE

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD EN SISTEMAS DE  
GESTIÓN EMPRESARIAL

JORGE MAURICIO ZÁRATE PONCE

Propuesta metodológica en opción al título de Magister en Software

TUTOR: JORGE LUIS MAZA CÓRDOVA  
COTUTOR: JENNIFER KATHERINE CELLERI PACHECO

MACHALA  
2021

## DEDICATORIA

A mi madre Carmen y a mi esposa Beatriz, pilares fundamentales de mi espíritu. Mi madre, con su ejemplo, me enseñó el valor del estudio. A mi esposa con quien juntos aprendemos a alcanzar los regalos de la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Técnica de Machala por la oportunidad brindada para realizar mis estudios. A la coordinadora Ing. Jennifer Céleri por su dedicación y compromiso en la organización de la maestría. Al Ing. Jorge Maza por la tutoría y acompañamiento que realizó del presente trabajo. A todos los docentes de la maestría gracias por compartir sus valiosos conocimientos con todos los estudiantes de la cohorte.

También agradezco a todos los profesionales que participaron como evaluadores expertos en la validación de la metodología. A mis colegas del equipo de desarrollo quienes colaboraron en la construcción del producto de software con la aplicación la metodología y en su evaluación heurística.

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Cuenca, 16 de mayo de 2021

Por medio de la presente declaro ante el Comité Académico de la Maestría de Software, de la Universidad Técnica de Machala, que el trabajo de titulación: “METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD EN SISTEMAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL”, es de mi propia autoría y no contiene material escrito por otra persona que no esté referenciado debidamente en el texto. Este trabajo de titulación no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro diploma de una institución nacional o extranjera ni en sólo una parte de él ni en su totalidad.

Jorge Mauricio Zárate Ponce

CI: 0103294674

## REPORTE DE SIMILITUD DE TURNITIN

# Trabajo de tesis

*por* Jorge Zarate

---

**Fecha de entrega:** 13-may-2021 01:45p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1585364743

**Nombre del archivo:** a\_usabilidad\_en\_sistemas\_de\_gestio\_n\_empresarial\_-\_revision.docx (978.84K)

**Total de palabras:** 15473

**Total de caracteres:** 81146

## Trabajo de tesis

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

### FUENTES PRIMARIAS

---

1

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

<1%

---

2

[www.tesis.uchile.cl](http://www.tesis.uchile.cl)

Fuente de Internet

<1%

---

3

Submitted to National University College - Online

Trabajo del estudiante

<1%

---

4

[www.tid.es](http://www.tid.es)

Fuente de Internet

<1%

---

5

[www.pemex.gob.mx](http://www.pemex.gob.mx)

Fuente de Internet

<1%

---

6

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

<1%

---

7

[worldwidescience.org](http://worldwidescience.org)

Fuente de Internet

<1%

---

8

[doku.pub](http://doku.pub)

Fuente de Internet

<1%

---

9	<a href="http://fernandoarciniega.com">fernandoarciniega.com</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://www.fitco.edu.co">www.fitco.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.map.es">www.map.es</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://mafiadoc.com">mafiadoc.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://winapi.conclase.net">winapi.conclase.net</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://www.ven.ops-oms.org">www.ven.ops-oms.org</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://patents.google.com">patents.google.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	Daniel Mellado. "", IEEE Latin America Transactions, 7/2007 Publicación	<1 %
19	<a href="http://sdg.humanrights.dk">sdg.humanrights.dk</a> Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Santo Tomas	

	Trabajo del estudiante	<1 %
21	<a href="http://fceia.unr.edu.ar">fceia.unr.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://pesquisa.bvsalud.org">pesquisa.bvsalud.org</a> Fuente de Internet	<1 %
23	Julio César Sandobalín Guamán. "MoCIP: Un enfoque dirigido por modelos para el aprovisionamiento de infraestructura en la nube", Universitat Politecnica de Valencia, 2020 Publicación	<1 %
24	<a href="http://seminario2018.vanguardiasdiseno.org">seminario2018.vanguardiasdiseno.org</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://vitaminac.github.io">vitaminac.github.io</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://www.redalyc.org">www.redalyc.org</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://www.lucidchart.com">www.lucidchart.com</a> Fuente de Internet	<1 %
28	Pablo Alejandro Quezada-Sarmiento, Mary Morocho-Quezada, Liliana Pacheco-Jara, Juan Garbajosa. "Evaluation of occupational and professional profiles in Ecuadorian context based on guide of Knowledge SWEBOK and ontological model", 2016 Third International	<1 %



## Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), 2016

Publicación

---

29	Submitted to Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico Trabajo del estudiante	<1 %
30	www.educa.aragob.es Fuente de Internet	<1 %
31	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Universidad de Santander Trabajo del estudiante	<1 %
33	Submitted to Universidad de Sevilla Trabajo del estudiante	<1 %
34	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
35	internet2.dgsca.unam.mx Fuente de Internet	<1 %
36	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %
37	red.uao.edu.co Fuente de Internet	<1 %
38	repositori.uvic.cat Fuente de Internet	<1 %

---

[www.ainda.info](http://www.ainda.info)

39	Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://www.bccl.gov.in">www.bccl.gov.in</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://www.icesi.edu.co">www.icesi.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://www.informatizate.net">www.informatizate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://www.sfp.gov.ar">www.sfp.gov.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://www.vialibre.org.ar">www.vialibre.org.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="http://www2.mineduc.cl">www2.mineduc.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://colombia.acambiode.com">colombia.acambiode.com</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="http://learnlink.aed.org">learnlink.aed.org</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://mjdecor.homestead.com">mjdecor.homestead.com</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://tadao.atarichile.com">tadao.atarichile.com</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://tejo.usal.es">tejo.usal.es</a> Fuente de Internet	<1 %

51	<a href="http://ukdigitala.com">ukdigitala.com</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="http://www.area.com.mx">www.area.com.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://www.efectodigital.online">www.efectodigital.online</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://www.itba.edu.ar">www.itba.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
55	<a href="http://www.monografias.com">www.monografias.com</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://www.usabilidad.org">www.usabilidad.org</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://zaloamati.azc.uam.mx">zaloamati.azc.uam.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
59	M.J. Suarez-Cabal. "Coverage Measurement for SQL Queries", IEEE Latin America Transactions, 3/2005 Publicación	<1 %
60	<a href="http://doaj.org">doaj.org</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1 %

62	<a href="http://dspace.esoch.edu.ec">dspace.esoch.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="http://infomariamedina.blogspot.com">infomariamedina.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
64	<a href="http://mailweb.udlap.mx">mailweb.udlap.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
65	<a href="http://mpiua.invid.udl.cat">mpiua.invid.udl.cat</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://revistabyte.es">revistabyte.es</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://scruminfo.blogspot.com">scruminfo.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://sinergia.dnp.gov.co">sinergia.dnp.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://www.3ciencias.com">www.3ciencias.com</a> Fuente de Internet	<1 %
70	<a href="http://www.articulos.astalaweb.com">www.articulos.astalaweb.com</a> Fuente de Internet	<1 %
71	<a href="http://www.elpais.cr">www.elpais.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
72	<a href="http://www.emagister.com.ar">www.emagister.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
73	<a href="http://www.idential.es">www.idential.es</a> Fuente de Internet	<1 %

74	<a href="http://www.iit.upcomillas.es">www.iit.upcomillas.es</a> Fuente de Internet	<1 %
75	<a href="http://www.lablasamericas.com.co">www.lablasamericas.com.co</a> Fuente de Internet	<1 %
76	<a href="http://www.marietan.com.ar">www.marietan.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
77	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt">www.repositorio.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	<1 %
78	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
79	<a href="http://calidadsi17.blogspot.com">calidadsi17.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Por medio de la presente apruebo que el trabajo de titulación titulado: “METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD EN SISTEMAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL” del autor Jorge Mauricio Zárate Ponce, en opción al título de Máster en Software, para que sea presentada al Acto de Defensa.

JORGE  
LUIS MAZA  
CORDOVA

Firmado digitalmente por  
JORGE LUIS MAZA  
CORDOVA  
Fecha: 2021.05.16  
11:09:25 -05'00'

Jorge Luis Maza Córdova  
CI: 0704913540

Machala, 16 de marzo de 2021

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jorge Mauricio Zárate Ponce, en calidad de autor del presente trabajo titulado: "METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD EN SISTEMAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL", autorizo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, la publicación y distribución en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Declaro que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Jorge Mauricio Zárate Ponce  
CI: 0103294674

Cuenca, 16 de mayo de 2021

## RESUMEN

La implementación de Sistemas de Gestión Empresarial (SGE), especialmente de los *Enterprise Resource Planning* (ERP), es un proceso complicado que muchas veces no llega a tener el éxito deseado. Los problemas de usabilidad en las interfaces de los sistemas ERP son un tema de estudio que aún no logra ser superado. Problemas de usabilidad generan un rechazo por parte de los usuarios hacia el uso del sistema. El objetivo del presente trabajo es verificar que si se realiza una evaluación de la usabilidad durante el ciclo de vida de desarrollo de un SGE se obtendrá un producto con mayor aceptación por parte del usuario que disminuya el riesgo de una implementación no satisfactoria. Para comprobar la hipótesis se inició con la elaboración de una metodología de evaluación de la usabilidad, esta metodología fue evaluada por un grupo de expertos y fue aplicada en un desarrollo de un módulo de un sistema ERP. Los resultados obtenidos con la metodología de evaluación de la usabilidad se contrastaron con los resultados de un cuestionario de usabilidad y con los resultados de una evaluación heurística. Los resultados del cuestionario de usabilidad demostraron que el producto final tenía una buena aceptación por parte de los usuarios. La metodología desarrollada en este trabajo de investigación es diferente a otras propuestas ya que no se limita a una evaluación en un producto terminado, sino que integra las técnicas de evaluación tradicionales en el ciclo de desarrollo. Además, define las medidas de calidad y describe los instrumentos a utilizar. Como conclusión principal se tiene que de que si se realiza una evaluación de usabilidad durante el ciclo de desarrollo de un SGE se obtendrá un producto con mayor aceptación por parte del usuario que disminuya el riesgo de una implementación no satisfactoria. Se recomienda la investigación de la aplicación de esta metodología para mantener una evaluación constante de la usabilidad en productos de software.

Palabras clave: Usability evaluation, Enterprise Resourcing Planning, Human Computer Interaction.



## ABSTRACT

The implementation of Business Management Systems (SGE), especially Enterprise Resource Planning (ERP), is a complicated process that often does not achieve the desired success. The usability problems in the interfaces of ERP systems are a subject of study that has not yet been overcome. Usability problems generate a rejection by users towards the use of the system. The objective of this work is to verify that if a usability evaluation is carried out during the development life cycle of an EnMS, a product with greater acceptance by the user will be obtained that reduces the risk of an unsatisfactory implementation. To test the hypothesis, it began with the development of a usability evaluation methodology, this methodology was evaluated by a group of experts and was applied in a development of a module of an ERP system. The results obtained with the usability evaluation methodology were contrasted with the results of a usability questionnaire and with the results of a heuristic evaluation. The results of the usability questionnaire showed that the final product was well accepted by users. The methodology developed in this research work is different from other proposals since it is not limited to an evaluation in a finished product, but rather integrates traditional evaluation techniques in the development cycle. In addition, it defines the quality measures and describes the instruments to be used. The main conclusion is that the care of usability is a factor that allows the acceptance of the system by the user. Investigation of the application of this methodology is recommended to maintain a constant evaluation of usability in software products.

Keywords: Usability evaluation, Enterprise Resourcing Planning, Human Computer Interaction.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	5
REPORTE DE SIMILITUD DE TURNITIN .....	6
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	15
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	16
RESUMEN .....	17
ABSTRACT .....	18
ÍNDICE GENERAL.....	19
LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS.....	23
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS .....	26
INTRODUCCIÓN .....	27
Capítulo 1. Marco teórico .....	32
1.1 Los Sistemas de Gestión Empresarial .....	32
1.1.1 Antecedentes históricos .....	32
1.1.2 Antecedentes conceptuales.....	32
1.1.3 Antecedentes contextuales.....	33

1.2 Características de Usabilidad .....	34
1.2.1 Antecedentes históricos .....	34
1.2.2 Antecedentes conceptuales y referenciales.....	34
1.2.3 Antecedentes contextuales.....	35
1.3 Aceptación del usuario.....	35
1.3.1 Antecedentes históricos .....	35
1.3.2 Antecedentes conceptuales y referenciales.....	36
1.3.3 Antecedentes contextuales.....	37
1.4 Técnicas de evaluación de la usabilidad .....	38
1.4.1 Entrevistas .....	39
1.4.2 Pruebas de usabilidad: Pensando en voz alta .....	39
1.4.3 Cuestionarios de usabilidad.....	40
1.4.4 Evaluación Heurística y Tutorial Cognitivo.....	40
Capítulo 2. Metodología de la Investigación .....	42
2.1 Tipo de estudio o investigación realizada.....	42
2.2 Paradigma o enfoque desde el cual se realizó.....	42
2.3 Población y muestra .....	42
2.4 Métodos teóricos .....	43
2.4.1 Revisión de la literatura .....	43
2.5 Métodos empíricos.....	44
2.5.1 Evaluación de la metodología.....	44
2.5.2 Aplicación de la metodología.....	45
2.6 Técnicas estadísticas.....	46
Capítulo 3. Resultados .....	47
3.1 Metodología para la evaluación de la usabilidad en sistemas de gestión empresarial.....	47

3.1.1 Descripción de las UM ( <i>Usability Measure</i> ) .....	52
3.1.2 UM-01: Existencia de diagramas de procesos.....	52
UM-02: Existencia de Especificación de Casos de usos o Historias de usuario ...	54
UM-03: Prototipos aceptados .....	57
3.1.3 UM-04: Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo .....	59
3.1.4 UM-05: Interfaces de usuario con botón retorno.....	62
3.1.5 UM-06: Interfaces que respetan el lenguaje del negocio .....	64
3.1.6 UM-07: Interfaces con aceleradores para acciones principales. ....	66
3.1.7 UM-08: Tareas cumplidas .....	69
3.1.8 UM-09: Número de heurísticas irrespetadas .....	71
3.1.9 UM-10: Resultados de encuesta de usabilidad.....	74
3.2 Aplicación de UOM en los modelos de desarrollo. ....	76
3.2.1 Aplicación de UOM en el modelo de desarrollo en cascada .....	76
3.2.2 Aplicación de UOM en el modelo de desarrollo en V .....	77
3.2.3 Aplicación de la UOM en el modelo RUP .....	78
3.2.4 Aplicación de la UOM en el modelo de desarrollo XP.....	79
3.2.5 Aplicación de la UOM en el modelo de desarrollo <i>Scrum</i> .....	80
Capítulo 4. Discusión de los resultados.....	82
4.1 Resultados de la evaluación de la metodología .....	82
4.1.1 Resultados de la evaluación de la pertinencia.....	82
4.1.2 Resultados de la evaluación de la claridad de las UM.....	88
4.1.3 Resultados de la evaluación general de la metodología.....	88
4.1.4 Análisis de los comentarios de los usuarios sobre la metodología.....	89
4.2 Aplicación de la metodología en un desarrollo de producto de software. ....	91
4.2.1 Resultados de la evaluación con UOM.....	91
4.2.2 Resultados de la evaluación heurística .....	93

4.2.3 Resultados del cuestionario de usabilidad.....	94
4.3 La UOM frente a otras metodologías de evaluación de la usabilidad .....	96
CONCLUSIONES .....	98
RECOMENDACIONES .....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100
ANEXOS .....	104
Anexo 1. Preguntas del cuestionario presentado a los expertos para la evaluación de la pertinencia. ....	105
Anexo 2. Preguntas del cuestionario presentado a los expertos para la evaluación de la claridad. ....	108
Anexo 3. Preguntas del cuestionario presentado a los expertos para la evaluación de la general de la metodología.....	109
Anexo 4. Evidencia de la aplicación de la metodología al desarrollo del producto de software. ....	110

## LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

### LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1 Diagrama de la metodología UOE.....	51
Ilustración 2 Diagrama de UM-01: Existencia de diagramas de procesos .....	53
Ilustración 3 Diagrama de la UM-02 Existencia de especificación de casos de uso o historias de usuario .....	56
Ilustración 4 Diagrama de la UM-03 Prototipos aceptados .....	58
Ilustración 5 Diagrama de la UM-04 Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo .....	61
Ilustración 6 Diagrama de la UM-05 Interfaces de usuario con botón de retorno.....	63
Ilustración 7 Diagrama de la UM-06 Interfaces que respetan el lenguaje del negocio .65	
Ilustración 8 Diagrama de la UM-07 Aceleradores para acciones principales.....	67
Ilustración 9 Diagrama de la UM-08 Tareas cumplidas .....	70
Ilustración 10 Diagrama de la UM-09 Número de heurísticas respetadas .....	73
Ilustración 11 Diagrama de la UM-10 Resultados de encuesta de usabilidad.....	75
Ilustración 12 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo de desarrollo en cascada. ....	77
Ilustración 13 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo de desarrollo en V. ....	78
Ilustración 14 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo de RUP. ....	79
Ilustración 15 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo XP. ....	80
Ilustración 16 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo de Scrum.....	81

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Relación entre TAM y las características de usabilidad de la ISO 25000.....	38
Tabla 2 Detalle de la revisión bibliográfica. Fuente: Autor .....	43
Tabla 3 Relación entre las UM y las subcaracterísticas de usabilidad que evalúan.....	49
Tabla 4 UM-01: Existencia de diagramas de procesos.....	54
Tabla 5 Diagrama de la UM-02 Existencia de especificación de casos de uso o historias de usuario .....	56
Tabla 6 UM-03 Prototipos aceptados .....	59
Tabla 7: UM-04 Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo.....	61
Tabla 8 UM-05 Interfaces de usuario con botón de retorno .....	63
Tabla 9 UM-06 Interfaces que respetan el lenguaje del negocio .....	65
Tabla 10 UM-07 Aceleradores para acciones principales .....	68
Tabla 11 UM-08 Tareas cumplidas.....	70
Tabla 12 Relación entre las Subcaracterísticas de usabilidad y las Heurísticas de Nielsen .....	71
Tabla 13 UM-09 Número de heurísticas respetadas.....	73
Tabla 14 UM-10 Resultados de encuesta de usabilidad .....	75
Tabla 15: Evaluación de la pertinencia para la UM-01.....	83
Tabla 16: Evaluación de la pertinencia de la UM-02.....	83
Tabla 17: Evaluación de la pertinencia de la UM-03.....	84
Tabla 18: Evaluación de la pertinencia de la UM-04.....	84
Tabla 19: Evaluación de la pertinencia de la UM-05.....	85
Tabla 20: Evaluación de la pertinencia de la UM-06.....	85
Tabla 21: Evaluación de la pertinencia de la UM-07.....	86
Tabla 22: Evaluación de la pertinencia de la UM-08.....	86

Tabla 23: Evaluación de la pertinencia de la UM-09.....	87
Tabla 24: Evaluación de la pertinencia de la UM-10.....	87
Tabla 25: Resultados de la evaluación de la claridad de las UM .....	88
Tabla 26: Resultados de la evaluación general de la Metodología UOM .....	89
Tabla 27: Resultados de la evaluación de la usabilidad utilizando UOM .....	92
Tabla 28: Promedio de calificación de usabilidad y número de problemas usabilidad detectados .....	93
Tabla 29 Resultados del cuestionario de usabilidad.....	95



## LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

ENESEM. Encuesta de Estructura Empresarial

ERP. *Enterprise Resource Planning*

IEC. *International Electrotechnical Commission*

INEC. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos

ISO. *International Organization for Standardization*

ONU. Organización de las Naciones Unidas

PND. Plan Nacional de Desarrollo

PSSUQ. *Post-Study System Usability Questionnaire*

RUP. *Rational Unified Process*

SGE. Sistemas de Gestión Empresarial

SQuaRE. *Systems and software Quality Requirements and Evaluation*

SUS. *System Usability Scale*

SWEBOK. *Software Engineering Body of Knowledge*

TAM. *Technology Acceptance Model*

UM. *Usability Measure*

UOM. *Usability Oriented Methodology*

USE. *Usefulness, Satisfaction and Ease Questionnaire*

XP. *Extreme Programming*

## INTRODUCCIÓN

### **Importancia del tema**

Los Sistemas de Gestión Empresarial (SGE) como los *Enterprise Resource Planning* (ERP) permiten la integración de todos los datos generados en las actividades de una empresa, lo que mejora la eficiencia del negocio. Scholtz et al. indican que esta es una de las razones por las cuales son adoptados por la mayoría de empresas a nivel mundial [1, p. 2]. En los últimos cinco años en el Ecuador también existió un incremento en la adquisición de SGE como lo demuestran los resultados de la Encuesta de Estructura Empresarial (ENESEM) del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEN) en donde se aprecia un incremento de empresas que utilizaron SGE de código abierto [2].

Una de las razones para la implementación de estos sistemas se debe a que las empresas buscan una modernización tecnológica. Este objetivo es una aspiración global y se encuentra presente entre las metas de desarrollo sostenible propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU): “Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación” [3].

### **Actualidad de la problemática que se enfrenta**

Los estudios de Yassien et al. y Suzianti y Arrafah [4, p. 193] [5, p. 57] sobre los ERP reportan problemas de implementación, dificultad de los usuarios para lograr sus objetivos debido a la complejidad de la información que manejan estos sistemas y riesgos de que no se logre el éxito deseado. Estos problemas motivan la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo disminuir el riesgo de implementaciones no satisfactorias de sistemas de gestión empresarial?

### **Delimitación de las causas que originan el problema científico**

Los estudios nombrados anteriormente concluyen que la usabilidad es un factor que influye en el éxito de las implementaciones. Scholtz et al. coinciden que la usabilidad es un factor que puede determinar la aceptación o el rechazo por parte de los usuarios [1,

p. 322]. Scholtz et al. encontraron que “La utilidad percibida tiene un efecto positivo en la actitud hacia el uso de un sistema ERP”. También observaron que si el usuario no encuentra al sistema fácil de usar, entonces no lo considera útil y, que si el usuario tiene una actitud negativa frente al sistema simplemente no lo usará.

### **Formulación del problema científico**

Por lo tanto, es evidente la importancia de cuidar las características de usabilidad en los productos de software, lo que motiva la segunda pregunta de investigación: ¿Cómo asegurar el cuidado de las características de usabilidad en un SGE? Para contestar las preguntas de investigación se plantea la siguiente hipótesis:

### **Hipótesis**

Si se realiza una evaluación de usabilidad durante el ciclo de desarrollo de un SGE se obtendrá un producto con mayor aceptación por parte del usuario que disminuya el riesgo de una implementación no satisfactoria.

### **Objetivo general de la investigación**

La presente investigación busca demostrar la hipótesis a través de la aplicación de una metodología de evaluación de la usabilidad en el desarrollo de un módulo de un sistema ERP que reporta problemas de aceptación y de implementación de los módulos desarrollados. Una vez terminado el módulo, este es sometido a una evaluación heurística y a un cuestionario de usabilidad. Los resultados del cuestionario de usabilidad permiten conocer el nivel de aceptación por parte del usuario. Una alta calificación en los resultados del cuestionario demuestra que el cuidado de la usabilidad influyó en la aceptación por parte del usuario. Los resultados de la evaluación heurística se comparan con los resultados de la metodología. Esto permite verificar si los problemas de usabilidad han disminuido y si las dos técnicas pudieron detectar los mismos problemas.

### **Delimitación del objeto de estudio**

El presente estudio se enfoca en los SGE en particular en el sistema ERP con el que se pudo llevar a cabo la aplicación de la metodología. La mayor cantidad de estudios sobre usabilidad están orientados hacia las aplicaciones web y móviles, por lo que se investigan las técnicas utilizadas en estos sistemas y se las integran en la metodología

para evaluar SGE. Es importante el estudio de la usabilidad en este tipo de sistemas sobre todo si se toma en cuenta que los empleados de las empresas deben utilizarlos durante toda su jornada laboral.

Una mejor usabilidad en sistemas de gestión empresarial ayudará a mejorar la relación de uso entre los SGE y los usuarios que los manejan. El cuidado de la usabilidad aportará significativamente al trabajo de la empresa, ya que los empleados contarán con una herramienta informática de calidad con la cual puedan mejorar su desempeño laboral. Al mejorar la usabilidad de un producto de software se mejora su calidad. Mejorar la calidad de los productos es la política 5.2 del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2017 – 2021 que busca la promoción de productos de calidad [6, p. 83].

### **Delimitación del campo de acción**

La investigación bibliográfica se realizó en artículos a nivel mundial disponibles en las bases de datos de *Web Of Science (WOS)*, *IEEEExplore* y *ACM*. Para la validación de la metodología se solicitó la colaboración de investigadores que hayan publicado por lo menos un artículo referente a usabilidad. Para la aplicación de la metodología se desarrolló el módulo de proyectos de servicios comunitarios del Sistema ERP de una universidad de la ciudad Cuenca - Ecuador. Los usuarios encuestados fueron el personal que utilizará el módulo.

### **Métodos empleados**

Para probar la hipótesis se elaboró una metodología que mida la usabilidad en los SGE aplicada al ciclo de vida del producto. Para lograr este objetivo fue necesaria una revisión de la literatura sobre usabilidad de sistemas de software. Se encontró que las técnicas de evaluación utilizadas son principalmente: encuestas, pruebas de usuario y evaluaciones heurísticas [1, p. 317], [5, p. 57], [7, p. 512]. El cuestionario es una de las técnicas más utilizadas e incluso la única en muchas propuestas, sin embargo, el uso exclusivo de cuestionarios sólo permitirá encontrar la usabilidad en general, mas no permite identificar los cambios tecnológicos que se deben realizar para mitigar problemas detectados [8, p. 11]. El estudio bibliográfico también permitió analizar cuáles son las técnicas que se deben incluir en esta propuesta. El uso de distintas técnicas permite resultados variables que ofrecen una comprensión integral de la usabilidad en el sistema evaluado [8, p. 1]. La revisión de la literatura también sirvió

para definir a la norma ISO/IEC 25010 como el modelo de calidad Software y la norma ISO/IEC 25021 como referente para la elaboración de las medidas de calidad que serán utilizadas en la metodología.

La siguiente actividad fue definir en qué fase del ciclo de desarrollo se debía medir cada característica de usabilidad y cómo hacerlo. La metodología se validó por un grupo de expertos, los cuales presentaron sus observaciones que fueron integradas a la propuesta. Con la metodología revisada se procedió a aplicarla al desarrollo de un producto de software para SGE. Para la evaluación de la propuesta se utilizó una evaluación heurística y un cuestionario de usabilidad a los productos terminados. Los resultados obtenidos con estas técnicas fueron comparados con el resultado obtenido con la metodología.

### **Resultados alcanzados**

Los resultados del cuestionario de usabilidad demostraron que el módulo desarrollado tiene un alto nivel de aceptación por parte de los usuarios lo que demuestra la hipótesis. Además, la metodología para la evaluación de la usabilidad desarrollada demuestra que es posible evaluar la usabilidad durante todas las fases del ciclo de vida del desarrollo de un producto de software. Los resultados de la evaluación heurística son semejantes a los resultados obtenidos por la metodología a excepción de la evaluación de la accesibilidad. Esto indica que los resultados obtenidos con la metodología de evaluación de la usabilidad desarrollada son semejantes a los resultados obtenidos con la aplicación de una técnica estándar como lo es la evaluación heurística.

### **Principales conclusiones y recomendaciones**

Se concluye que el cuidado de la usabilidad durante el desarrollo de un producto de software mejora la aceptación por parte de los usuarios al implementarlo en un ambiente de producción. Se recomienda la aplicación de la metodología en el desarrollo de los SGE y de otros tipos de software.

### **Estructura del trabajo**

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera: en el **Capítulo uno** se fundamentan las variables de la hipótesis y las técnicas a ser integradas en la metodología. El **Capítulo dos** describe la metodología utilizada para elaborar la

propuesta, el tipo de estudio realizado y el enfoque desde el cual se realizó la investigación. En el **capítulo tres** se detalla la propuesta y cómo debe ser aplicada. En el **capítulo cuatro** se presentan los resultados de la validación de expertos. Además, se comparan los resultados obtenidos de la evaluación a un producto de software aplicando la metodología propuesta, la evaluación heurística y el cuestionario de usabilidad. Por último, se listan las conclusiones y recomendaciones.

## Capítulo 1. Marco teórico

En este capítulo se presentan los antecedentes históricos, conceptuales y contextuales de las variables de la hipótesis. Además, se presenta un análisis de la literatura investigada sobre las técnicas de evaluación de la usabilidad que se incluyen en la metodología de evaluación de la usabilidad.

### 1.1 Los Sistemas de Gestión Empresarial

#### 1.1.1 Antecedentes históricos

Los primeros ERP aparecen en la década de los noventa como respuesta a la necesidad de las empresas de promover la eficiencia operativa y de integrar toda su información para tener un soporte en la administración. Son resultado de la evolución de los *Manufacturing Resource Planning* (MRP) que pasaron de sistemas de control de manufactura a sistemas empresariales integrados.

Los ERP muestran problemas y dificultades en la implementación a lo largo de su historia. En el año 2009 Shing y Wesson reportan problemas por la complejidad de estos sistemas [9]. En el año 2014 Grubisic indica que la implementación de un ERP obliga a las empresas a cambiar su organización e influye en cómo trabajan las personas [10, p. 64]. En el año 2017, Yassien et. al [5, p. 51] afirman que el proceso de implementación es una misión crítica de tipo socio-técnico y que existe evidencia de implementaciones no satisfactorias. En el año 2018, Valdebenito et al. revisaron 150 investigaciones a nivel mundial relacionadas con ERP entre los años 2003 al 2017 y encontraron que las mismas se enfocan sólo en la adopción del sistema [11, p. 38]. Sin embargo, estas implementaciones no abordan el tema de la usabilidad.

#### 1.1.2 Antecedentes conceptuales

Los Sistemas de Gestión Empresarial (SGE) son sistemas que apoyan los procesos de una empresa, los más conocidos son los "*Enterprise Resourcing Planning*" (ERP). La metodología que se presenta en este estudio está pensada en los SGE sin embargo, la revisión bibliográfica se centra en los ERP ya que no se encuentra información dedicada

a los SGE en general. Un ERP es una aplicación en donde cada módulo funciona colectivamente en un solo sistema de información. La ventaja de estos sistemas es la integración de la información de toda la empresa, lo que permite que los cambios sean observables entre diferentes áreas [1, p. 310], [4, p. 194]. Se elimina así la necesidad de varios programas diferentes para cada función del negocio.

### **1.1.3 Antecedentes contextuales**

Shim y Shim informan que el sistema ERP comercial más popular es SAP. En el año 2018 se estimaba que el número de usuarios de este sistema era superior a los 12 millones en 120 países [12, p. 1]. Además de SAP existen otros productos comerciales como: *Microsoft Dynamics 365 Business Central* y *Oracle ERP Cloud*. Odoo es un ERP con una versión comunitaria que no necesita el pago de una licencia. El alto costo de estas soluciones, a excepción de Odoo, hace que las empresas busquen en sus proveedores locales el desarrollo de plataformas o de soluciones que no necesariamente son ERP pero que ayudan a la gestión de sus procesos.

La necesidad de que los empleados tengan experiencia en el uso de ERP ha obligado a que aprenderlos sea una materia obligatoria en muchas universidades. El programa *SAP University Alliances* ofrece planes a las instituciones de educación superior para que puedan enseñar el sistema en sus cursos. Shim y Shim afirman que para el 2018 se estimaba unas 3100 instituciones educativas en 106 países que formaban parte del programa [12, p. 1]. Scholtz et al. proponen que los problemas de implementación de ERP pueden disminuir con capacitaciones desde la universidad y presentan una aplicación móvil para el aprendizaje de estos sistemas [13]. El problema con la capacitación es que los ERP se mantienen en constante cambio, por lo que resulta probable que la forma de uso aprendida por los estudiantes no sea la misma cuando ellos ya se inserten en el mundo laboral.

Shing y Wesson [9, p. 87] afirman que los problemas de los ERP tienen como fuente la complejidad de tareas que deben realizar, lo que da lugar a interfaces con mala usabilidad. Además, indican que la usabilidad de sistemas ERP no ha sido ampliamente investigada. En su trabajo presentan un conjunto de heurísticas específicas para la evaluación de la usabilidad de las interfaces de los ERP. Alanazi et al. [14] proponen un modelo de calidad orientado a los ERP en donde presentan atributos de calidad que deben ser tomados en cuenta en estos sistemas. Entre estas características se



encuentra la usabilidad con los siguientes cuatro subatributos: (i) Comprensión, (ii) Operabilidad, (iii) Complejidad y (iv) Aprendizaje. El trabajo de Alanazi et al. sólo se limita a definir los atributos de calidad. La metodología que se presenta en esta investigación va más allá y determina las medidas de calidad para la evaluación de las subcaracterísticas de usabilidad, así como la propuesta de las técnicas e instrumentos para obtenerlas. No se encontraron más aportaciones sobre la evaluación de la usabilidad en los sistemas ERP.

## **1.2 Características de Usabilidad**

### **1.2.1 Antecedentes históricos**

El término usabilidad toma fuerza en la década de los noventa gracias a las publicaciones de Jakob Nielsen como el artículo “*Improving a human-computer dialogue*” de 1990 que escribió junto a Rolf Molich, el libro *Usability Engineering* de 1993 en donde define a la usabilidad como el conjunto los siguientes atributos: (i) capacidad de aprendizaje, (ii) eficiencia, (iii) memorizabilidad , (iv) errores y (v) satisfacción [15, p. 3], o sus 10 principios generales de usabilidad conocidos como las “Heurísticas de Nielsen” presentados en 1994 y que hasta la fecha son el principal referente de principios de usabilidad en interfaces de usuario.

En los trabajos revisados para esta investigación se encuentran referencias a la norma ISO/IEC 9126 como en Alanazi del 2019 [14, p. 1] o a la norma ISO/IEC 9241 como en el trabajo de Kous et al del 2020 [15, p. 3]. Sin embargo, se debe tener en cuenta que a partir del año 2005 estas normas fueron redefinidas y reorganizadas en el conjunto de normas ISO/IEC 25000 denominadas *System and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)* [16, p. 2]. A diferencia de las normas de la serie 9000 en donde la calidad se refiere a la conformidad con los requisitos, la serie 25000 incluye que la calidad implica satisfacer las necesidades declaradas e implícitas, en otras palabras, satisfacer tanto los requisitos funcionales y no funcionales [16, p. 2].

### **1.2.2 Antecedentes conceptuales y referenciales**

En 1991 la ISO/IEC 9126 definía a la usabilidad como “un conjunto de atributos relacionados con el esfuerzo necesario para su uso, y en la valoración individual de tal uso, por un establecido o implicado conjunto de usuarios”. Otra definición de usabilidad se presenta en 1999 en la ISO/IEC 9241 en donde se definía a la usabilidad como: “la

eficacia, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos en un contexto de uso específico.”

La definición más aceptada es la de la norma ISO/IEC 25010 del año 2005 en donde se define la usabilidad como el “grado en que un producto o sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr los objetivos definidos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado”. La definición de usabilidad de la ISO/IEC 25010 será la utilizada como modelo de calidad de esta investigación.

### **1.2.3 Antecedentes contextuales**

La norma ISO/IEC 25010 divide la calidad en dos secciones: Calidad del producto de software y Calidad en el uso del producto de software. Dentro de la Calidad del producto de software, esta norma describe la usabilidad como una característica que tiene las siguientes subcaracterísticas:

- Capacidad para reconocer su adecuación.
- Capacidad de aprendizaje.
- Capacidad para ser usado.
- Protección contra errores.
- Estética de la interfaz de usuario.
- Accesibilidad.

La Metodología diseñada se enfoca en la Calidad del producto de software específicamente en la característica Usabilidad. Propone que la evaluación de la usabilidad a través de la evaluación de sus subcaracterísticas permitirá mejorar la aceptación del usuario.

## **1.3 Aceptación del usuario**

### **1.3.1 Antecedentes históricos**

El modelo TAM es presentado en un estudio de Davis en 1986 quien, para el año 1989 presenta una nueva versión a la que se la denomina TAM Parsimonioso en donde no se tomó en cuenta la variable **A** [17, p. 85]. Otros autores también han investigado sobre el modelo propuesto por Davis. En el año 2003 Lee et al. afirman que TAM es citado en la mayoría de los trabajos que investigan la aceptación del usuario [17, p. 86]. Sharp

en 2007 identificó tres áreas específicas para la investigación del TAM: (i) Estudio de las variables **EOU** y **U**, (ii) Entornos de uso obligatorio versus entornos volitivos y (iii) el papel de la **A** en la aceptación del usuario [17, p. 83]. El estudio de Chuttur de 2009 advierte que el modelo TAM habría podido desviar la atención del problema real de la aceptación de la tecnología [17, p. 86].

La revisión de la literatura realizada por Marangunic y Granic [17, p. 82] en el 2013, en donde se analizaron 85 trabajos a nivel mundial, nos da cuenta de tres clasificaciones de estudio sobre el TAM: (i) Revisiones de literatura, (ii) Desarrollo y extensión del modelo y (iii) Modificación y adaptación del TAM. Scholtz et al en el año 2017 utilizan el TAM en un estudio sobre la aplicación de la simulación para el aprendizaje de los ERP [13]. En el 2018 Valdebenito y Quelopana realizan una revisión de la literatura de las investigaciones relacionadas con la adopción de los sistemas ERP entre los años 2003 al 2017 y concluyen que el modelo de aceptación más utilizado es el TAM [11] lo que demuestra la vigencia del modelo en la actualidad.

### 1.3.2 Antecedentes conceptuales y referenciales

Para sustentar la aceptación de un usuario a través de las subcaracterísticas de calidad este trabajo analiza la relación entre las subcaracterísticas de calidad de usabilidad de la norma ISO/IEC 25010 y el Modelo de Aceptación de la Tecnología o *Technology Acceptance Model* (TAM). Los trabajos de Valdebenito y Quelopana y de Scholtz et al. coinciden en que el principal modelo utilizado para la implementación de sistemas ERP es el TAM [11, p. 38], [13, p. 92]. TAM es una adaptación de la Teoría de la Acción Razonada para ser aplicada en los sistemas de información [18, p. 985] y tiene como objetivo predecir y explicar las razones de adopción o rechazo de un sistema informático. El TAM afirma que la “Intención de uso” o *Behavioral Intention of use* (**BI**) está determinada por: la “Utilidad Percibida” o *Perceived usefulness* (**U**), la “Facilidad de uso percibida” o *Perceived ease of use* (**EOU**) y la “Actitud de la persona hacia el uso del sistema” o *Attitude toward using* (**A**) [18, p. 985].

Se define a **U** como la percepción que tiene el usuario de que el sistema aumentará su desempeño laboral [18]. Si el usuario percibe que el sistema lo ayudará a mejorar su desempeño entonces generará una **BI** negativa hacia él. La variable **EOU** se refiere a la percepción por parte del usuario de que la tarea a realizar con el sistema no tendrá mucho esfuerzo [18]. La variable **A** se define como los sentimientos positivos o

negativos de un individuo sobre la ejecución de una tarea o una conducta. La **EOU** influye en **U** y está fuertemente influenciada por factores externos. Probablemente, uno de los factores externos que más influye es la estética del diseño de las interfaces [19, p. 3]. La **BI** se genera cuando se ha logrado satisfacer **U** y **A** [18, p. 985]. **A** está influenciada por las variables **U** y **EOU**. **BI** define si el usuario acepta o rechaza el uso del sistema. Hariyanto et al. [20, p. 90] coinciden en que **U** y **EOU**, junto con la facilidad de aprendizaje, son factores que influyen positivamente en la satisfacción del usuario.

### 1.3.3 Antecedentes contextuales

Silvennoinen y Jokinen, en el 2016, se centran en el estudio de la interfaz y afirman que el no cuidar las características de diseño visual puede derivar en resultados emocionales negativos por parte del usuario [21, p. 1]. Por eso, la importancia que brindan en el desarrollo de las páginas web y aplicaciones móviles al cuidado de las interfaces. La revisión bibliográfica indica que en aplicaciones móviles y sitios web, la **A** de un sistema es un tema bien estudiado como en Nagpal et al. en el 2016 y Nitsch et al. en el 2019 [22], [23].

Chang MK et al. en el 2018, advierten que la presión social es un determinante en la decisión de uso del sistema [24, p. 940]. Este es un factor de aceptación de especial interés en los sistemas ERP debido a que la decisión de adquisición de estos sistemas es tomada por los mandos ejecutivos, pero el trabajo con el sistema está en manos del personal operativo que deberán utilizar el sistema así **A** sea negativa.

El TAM indica las relaciones entre **BI** con **U**, **A** y **EOU**, pero sin proponer ni aconsejar maneras de asegurarlas en un sistema. La aplicación de este modelo se da una vez el producto es implementado. Sin embargo, se deberían usar técnicas durante las fases anteriores del ciclo de vida del software para asegurar que **BI** se cumpla. Las percepciones descritas en TAM se pueden cuidar en las fases de diseño y desarrollo del producto si tomamos en cuenta las subcaracterísticas de usabilidad descritas en la ISO/IEC 25010 ya que todas ellas aumentan la actitud del usuario hacia el uso del sistema.

La Tabla 1 grafica la relación entre las variables del TAM y las subcaracterísticas de usabilidad de la ISO/IEC 25010. La utilidad percibida del programa mejorará si el usuario siente que: (i) es apropiado a sus necesidades (Capacidad para reconocer su

adecuación), (ii) es de fácil aprendizaje (Capacidad de aprendizaje), (iii) es fácil de operar (Operabilidad), (iv) lo protege de posibles errores (Protección contra errores del usuario), (v) le permite una interacción agradable y satisfactoria (Estética de Interfaz de usuario), (vi) le permite usarlo a pesar de alguna limitación física (Accesibilidad).

La Facilidad de Uso Percibida aumentará si el usuario: (i) puede aprender fácilmente el uso del sistema (Capacidad de aprendizaje), (ii) puede operar fácilmente el sistema (Operabilidad) y (iii) puede operarlo sin importar alguna limitación física (Accesibilidad). La subcaracterística de Accesibilidad indica la capacidad del sistema de ser utilizado por usuarios con alguna limitación física, un sistema con este atributo aumenta tanto la Utilidad Percibida como la Facilidad de Uso Percibida.

*Tabla 1 Relación entre TAM y las características de usabilidad de la ISO 25000*

<b>Subcaracterísticas de usabilidad de la Norma ISO/IEC 25010</b>	<b>Utilidad percibida (U)</b>	<b>Facilidad de uso percibida (EOU)</b>	<b>Actitud hacia el uso (A)</b>
<b>Capacidad para reconocer su adecuación</b>	✓		✓
<b>Capacidad de aprendizaje</b>		✓	✓
<b>Operabilidad</b>		✓	✓
<b>Protección contra errores del usuario</b>	✓		✓
<b>Estética de interfaz de usuario</b>	✓		✓
<b>Accesibilidad</b>	✓	✓	✓

#### **1.4 Técnicas de evaluación de la usabilidad**

Luego de la revisión de la literatura se concluyó que trabajar con varias técnicas de usabilidad permite obtener más información y resultados. Grigera et al. realizan una técnica de evaluación mixta con tres métodos: (i) evaluación heurística, (ii) pruebas de usuario y (iii) software automatizado [25, p. 4], concluyen que el uso de los tres métodos

les ofreció una idea general de los inconvenientes del sistema. Watbled et al. [26, p. 14] utilizan las técnicas de: (i) evaluación Heurística, (ii) pruebas de usabilidad del tipo pensando en voz alta y (iii) observación de campo. Demuestran que los problemas de usabilidad encontrados con la Evaluación Heurística fueron confirmados en la Prueba de Usuario lo que evidencia la confiabilidad de estas dos técnicas.

A continuación, se describen las técnicas de medición de la usabilidad que se utilizaron en la metodología y se analiza en qué parte del ciclo de vida del software se las puede realizar.

#### **1.4.1 Entrevistas**

Los trabajos sobre usabilidad que aplican entrevistas a usuarios destacan que esta técnica permite apreciar la reacción de los usuarios al responder las preguntas. Esta característica de la entrevista de permitir observar la reacción de los usuarios también es presentada en el método de diseño *Design Thinking*. En este método de la ciencia del diseño se indica que más importante que lo que el usuario dice es cómo lo dice. Por esta razón esta técnica se sugiere en la etapa de análisis del ciclo de vida del software, durante la toma de requerimientos para conocer la opinión de los usuarios.

#### **1.4.2 Pruebas de usabilidad: Pensando en voz alta**

Para esta prueba se invita a un usuario a realizar una tarea determinada en el sistema, mientras el usuario desarrolla la tarea tiene que expresar verbalmente qué está pensando, qué espera del sistema, qué le disgusta y en qué se confunde. Un investigador puede acompañar al usuario en esta prueba, pero no puede brindarle asistencia sobre su uso. El investigador debe promover el diálogo cuando el usuario se queda callado [27, p. 3]. Es importante que se registre en vídeo tanto la participación del usuario como la pantalla con la cual está interactuando. Las grabaciones podrán ser revisadas para detectar las debilidades que se encontraron durante el proceso y así buscar las mejoras [28, p. 548]. Watbled et al. [26, p. 11] informan que utilizaron la técnica de “Pensando en voz alta” registrando en vídeo las participaciones lo que redujo la probabilidad de olvidar analizar alguno de los comentarios de los usuarios.

En la metodología presentada, esta técnica se la incluye en las fases de diseño, pruebas y mantenimiento. Las pruebas de usabilidad “pensando en voz alta” pueden evaluar los prototipos del sistema. De esta manera podemos encontrar los problemas de usabilidad

en fases tempranas del desarrollo. Si el equipo no trabaja con prototipos, se pueden utilizar esta técnica en la fase de pruebas. Aplicarla en la fase de producción servirá para realizar mejoras al sistema.

#### **1.4.3 Cuestionarios de usabilidad**

Una de las técnicas más utilizadas en la evaluación de la usabilidad son los cuestionarios. Para la aplicación de estos se debe contar con personas que ya utilizaron el sistema, por tal razón, esta técnica se la aplica en fases de prueba y producción. Existen cuestionarios especializados para la evaluación de la usabilidad, entre los más utilizados están: (i) *Usefulness, Satisfaction and Ease Questionnaire* (USE), (ii) *System Usability Scale* (SUS) y (iii) *Post-Study System Usability Questionnaire* (PSSUQ). Suzianti y Arrafah [4, p. 195] utilizan el cuestionario PSSUQ para la evaluación de la interfaz actual y del prototipo de interfaz mejorado. Hariyanto [20, p. 90] utiliza el cuestionario USE de Lund por considerar que sus dimensiones eran los factores más importantes para evaluar la usabilidad. Para la evaluación de la Metodología se utilizará este cuestionario porque tres de sus dimensiones coinciden con las variables del TAM.

En la metodología que se presenta en esta investigación se aconseja el uso de los cuestionarios SUS o PSSUQ por ser menos extensos que el cuestionario USE. El uso de los cuestionarios se realiza en la fase de pruebas y de mantenimiento debido a que en estas fases ya existe un producto que puede ser evaluado por el usuario final.

#### **1.4.4 Evaluación Heurística y Tutorial Cognitivo**

Es un método de evaluación en el cual no participa el usuario. La evaluación es realizada por un grupo de expertos los mismos que evalúan el sistema basándose en principios reconocidos de usabilidad que comúnmente se los llama heurísticas [27, p. 3]. La evaluación la realizan mientras interactúan con el sistema y tratan de encontrar partes que sean contrarias a los principios establecidos. A esta técnica se la denomina Tutorial Cognitivo [27, p. 3]. Se sugiere un grupo de entre tres a cinco expertos para encontrar la mayoría de los problemas de usabilidad [29, p. 7], [30, p. 2], [31, p. 181].

Se deben aplicar evaluaciones heurísticas a los diseños en etapas tempranas del desarrollo, sobre todo con los prototipos. Mientras más pronto se detecten y corrijan los errores más barato será en costo y mantenimiento de software. Sin embargo, en la metodología presentada en esta investigación no se la aplica en las primeras etapas de

desarrollo por considerar que en estas etapas no es probable que los prototipos tengan interacción. Sí se la aplica en la etapa de pruebas, cuando ya se tiene un producto terminado. Esto no excluye a la realización de la evaluación heurística en la fase de producción para verificar que el producto cumple con un nivel apropiado de usabilidad [28]. Los problemas detectados en la fase de producción pueden ser abordados en una fase de mejora continua como lo propone Sivaji et al [32].

En este capítulo se describieron los conceptos sobre Sistemas de Gestión Empresarial, ERP, características de usabilidad, aceptación del usuario y se dio un repaso de las técnicas de evaluación de la usabilidad que fueron integradas en la metodología de evaluación de la usabilidad.



## **Capítulo 2. Metodología de la Investigación**

Este capítulo describe el diseño de la investigación, el tipo de estudio realizado y su enfoque. Además, detalla la revisión bibliográfica realizada para la construcción de la metodología para medir la usabilidad, así como el método de validación utilizado. También se detalla la construcción del experimento realizado para la evaluación.

### **2.1 Tipo de estudio o investigación realizada**

Debido a que se estudia la aplicación de una metodología de evaluación nueva que plantea medidas de usabilidad inéditas la investigación tiene un alcance exploratorio. Por otro lado, el estudio busca especificar las propiedades de usabilidad a tomar en cuenta en un SGE así como describir el proceso para obtenerlos lo que indica un alcance descriptivo. Por estas razones, el tipo de investigación realizada es exploratorio – descriptivo.

### **2.2 Paradigma o enfoque desde el cual se realizó**

El enfoque de la investigación es cuantitativo en donde la realidad objetiva está representada en las calificaciones de cada subcaracterística de usabilidad que se obtienen al aplicar la metodología de evaluación de la usabilidad y en el número de problemas que se encuentran por medio de la evaluación heurística.

### **2.3 Población y muestra**

El tipo de muestreo es no probabilístico a conveniencia. Para la validación de la metodología se trabajó con 11 expertos, en la primera ronda participaron seis expertos y en la segunda ronda nueve. Cinco expertos participaron en las dos rondas. La elección de los expertos usó como criterios: (i) investigadores con por lo menos un trabajo publicado en el ámbito de usabilidad, (ii) directores de equipos de software y (iii) directores de departamentos de tecnologías. Para la evaluación heurística se trabajó con seis evaluadores que cumplieran como característica haber realizado desarrollo de software por lo menos dos años. El número de usuarios que respondieron el cuestionario

de usabilidad fueron de cuatro que es el total de personas que utilizarán el producto de software que se desarrolló utilizando la metodología de evaluación de la usabilidad.

## 2.4 Métodos teóricos

### 2.4.1 Revisión de la literatura

Para la elaboración de la propuesta se partió de una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos de *Web Of Science* (WOS), *IEEEExplore* y ACM. Las cadenas de búsqueda utilizadas en cada una de las bases de datos se describen en la Tabla 2. Para WOS e *IEEEExplore* se utilizó cadenas de búsqueda con los mismos términos, no así para ACM en donde no se encontraron artículos que relacionaron ERP con “*usability evaluation*” por lo cual se utilizó sólo el término ERP para la búsqueda.

Con la lista de artículos obtenidos, se procedió a la lectura de sus resúmenes descartando los duplicados y los que no trataban sobre alguna evaluación de usabilidad en los sistemas ERP. Los artículos seleccionados fueron leídos y desmontados en una matriz separando su contenido en los siguientes criterios: (i) artículos que tratan sobre ERP, (ii) artículos que presentan una de las normas ISO de calidad, (iii) artículos en donde se realizó una prueba de usuario, (iv) artículos en donde se realizó una evaluación heurística, (v) artículos que trataran sobre TAM y (vi) artículos que trataran sobre cuestionarios de usabilidad. Durante la lectura se descartaron artículos que no aportaron con alguno de los términos buscados. El número de artículos seleccionados se presenta en la Tabla 2:

Tabla 2 Detalle de la revisión bibliográfica. Fuente: Autor

Base de datos	Cadena de búsqueda	Artículos encontrados	Artículos seleccionados luego de la lectura de abstract
WOS	TI=(USABILITY EVALUATION) OR TI=(USER EXPERIENCE EVALUTATION) AND AB=(TAM OR HEURISTIC OR ISO 25010 OR DESIGN PATRONS)  Período de tiempo: Últimos 5 años. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.	303	35

<b>IEEEExplore</b>	(("Document Title":USABILITY EVALUATION) OR ("Document Title":USER EXPERIENCE EVALUTATION)) AND (("Abstract":TAM) OR ("Abstract":HEURISTIC) OR ("Abstract":ISO 25010) OR ("Abstract":DESIGN PATRONS))	27	12
<b>ACM Digital Library</b>	[Publication Title: erp] AND [Publication Date: (01/01/2016 TO 06/30/2020)]	50	6

Cabe anotar que se realizaron más búsquedas para temas específicos sobre todo para ampliar el conocimiento de los métodos de evaluación de la usabilidad, de los modelos de calidad y de los métodos para la evaluación por parte de expertos. El análisis de la literatura demostró que las normas ISO son una buena opción para describir la usabilidad. Las investigaciones revisadas se basan en las definiciones de usabilidad de la ISO/IEC 9621. Sin embargo, esta investigación utiliza como modelo de calidad el planteado en la ISO/IEC 25010 por su actualidad y porque simplifica, reorganiza y redefine los conceptos de calidad planteados por la ISO/IEC 9621 [16, p. 3].

Con la técnica de la revisión de la literatura no se pudo encontrar investigaciones previas que presenten medidas de usabilidad. Por tal razón fue necesario investigar la norma ISO/IEC 25021 que presenta un conjunto de reglas para la creación de medidas de calidad. Se eligió la ISO/IEC 25021 por su actualidad y porque forma parte de las ISO/IEC 25000, el conjunto de normas a la que pertenece también la ISO/IEC 25010 utilizada para definir la calidad. Luego del análisis de la norma se decidió que los pasos para crear las medidas de calidad serían: (i) definir la característica a evaluar, (ii) definir el elemento de medida de calidad que debemos utilizar y (iii) plantear cuál será unidad de medida. El elemento de medida de calidad, según la ISO/IEC 25021 está definida en términos de una propiedad y el método para cuantificarlo.

## 2.5 Métodos empíricos

### 2.5.1 Evaluación de la metodología

Para la evaluación de la metodología se utilizó el método *Delphi* que consiste en obtener una opinión consensuada de un grupo de expertos. Como lo indica Varela-Ruiz et al. [34, p. 94] este método ha resultado útil para alcanzar un consenso en temas que carecen de evidencia empírica y es adecuado cuando los expertos se encuentran distantes geográficamente lo cual es importante tomar en cuenta en la época en la que

se realizó la investigación. Además, la aplicación del método no obliga a reunir a todos los expertos de una manera síncrona por lo que evita problemas de organización.

Para la aplicación del método *Delphi*, se elaboró un cuestionario en el que cada experto opinó sobre la pertinencia de las medidas de usabilidad para medir las subcaracterísticas de calidad declaradas (ver Anexo 1) y la claridad con la que se presenta la medida y la forma de aplicación (ver Anexo 2). También se elaboraron cuatro preguntas para medir el grado de aceptación de la metodología (ver Anexo 3). Para las respuestas se utilizó una escala *Likert* de cinco valores. Por último, se agregó una pregunta de respuesta abierta en donde el experto podía agregar sus observaciones, recomendaciones y sugerencias.

Este proceso se repitió por dos iteraciones hasta lograr normalizar los resultados [34, p. 94]. Para normalizar los resultados, se realizaron cambios a la metodología según los resultados obtenidos en la primera iteración.

### **2.5.2 Aplicación de la metodología**

Para poner a prueba si el cuidado de la usabilidad mejorará la aceptación del sistema se aplicó la metodología propuesta al desarrollo de un entregable de software en un sistema ERP. En el desarrollo se cumplieron las actividades planteadas en el diseño de la metodología. Las calificaciones parciales se obtuvieron al finalizar cada fase lo que permitía al equipo decidir si continuaban a la siguiente fase o se mantenían hasta realizar los cambios que mejoraran la calificación.

Con los resultados, el equipo de desarrollo realizó mejoras en el sistema basados en la calificación obtenida con la metodología antes del despliegue en producción. Una vez que los módulos fueron desplegados a producción se procedió a ejecutar dos técnicas de evaluación de la usabilidad tradicionales: (i) una evaluación heurística y (ii) un cuestionario de usabilidad.

Los resultados de la metodología fueron comparados con los resultados de la evaluación heurística. Esta comparación permitió conocer cuáles son los problemas de usabilidad que la metodología no pudo detectar y cuáles fueron confirmadas en ambas pruebas. Para la aplicación del cuestionario de usabilidad se utilizó el cuestionario USE que fue elegido debido a que tres de sus dimensiones coinciden con las variables del TAM. La calificación total obtenida por la metodología y las calificaciones obtenidas en cada

dimensión permitió conocer si las variables del TAM lograron altos niveles lo cual validaría la hipótesis.

## **2.6 Técnicas estadísticas**

Para la validación de la metodología se utilizó lo propuesto en el trabajo de Penfield y Giacobbi [35] que fue retomado en la investigación de Soto y Segovia [36] en donde no solo se basaron en la V de Aiken sino que obtuvieron un intervalo de confianza por medio del método *score*. Este método fue elegido basándose en la siguiente afirmación del Penfield y Giacobbi:

“El intervalo de confianza *score* tiene las propiedades deseables de ser asimétrico sobre la proporción de la muestra, no depender de una distribución normal de la proporción de la muestra y ha demostrado ser altamente eficaz y preciso, incluso cuando el tamaño de la muestra es pequeño y la proporción de la población es extrema” [35, p. 217].

En la V de Aiken tradicional, el investigador utiliza un valor mínimo de validez, para esta investigación se utilizó el valor de 0,5 [35, p. 215]. El método *score* permite obtener un valor mínimo y un valor máximo de confianza de resultados, si el valor mínimo de validez se encuentra dentro de este rango, el ítem debe ser descartado o revisado. Se utilizó un intervalo de confianza de 95% con un valor de  $z = 1,96$ .

Es importante señalar que, para la primera ronda de la validación de expertos, se convocó a un total de once jueces. Sin embargo, sólo seis enviaron sus evaluaciones, por lo que no se logró tener el mínimo número de jueces recomendados por Varela-Ruiz et al., que es siete [34, p. 93] . Por esta razón, no se trabajó directamente con el valor obtenido con la V de Aiken, sino que este valor se utilizó para obtener un intervalo de confianza a través del método *score*. Para la segunda ronda se pudo obtener el criterio de nueve jueces, pero el método de evaluación se mantuvo para poder compararlos con los resultados de la primera ronda.

En este capítulo se describieron las características del estudio realizado, el tipo de estudio, el enfoque desde el cual se realizó y el tamaño de la población. Además, se describieron los métodos que se utilizaron y se presentaron los métodos estadísticos para la evaluación de la metodología.

## Capítulo 3. Resultados

En este capítulo se presenta la metodología para la evaluación de la usabilidad que se elaboró como resultado del estudio bibliográfico. Se sustentan cada uno de sus elementos y se describe la manera de aplicarla junto a las metodologías de desarrollo ágiles y tradicionales.

### 3.1 Metodología para la evaluación de la usabilidad en sistemas de gestión empresarial.

Para mantener el cuidado de la usabilidad durante el desarrollo del producto de software y así comprobar o descartar la hipótesis, se elaboró una metodología para la evaluación de la usabilidad en SGE la cual fue nombrada Evaluación Orientada a la Usabilidad (UOM - *Usability Oriented Methodolgy*). La UOM se fundamenta en la norma ISO/IEC 25010 para describir las subcaracterísticas de usabilidad que serán evaluadas y en la norma ISO/IEC 25012 para la creación de las medidas de usabilidad. Se utiliza la obra de Pressman [37] y los primeros capítulos del SWEBOK para la definición de las fases del ciclo de desarrollo.

La Metodología Orientada a la Usabilidad (UOM) tiene como objetivo realizar la evaluación de la usabilidad de un producto de software durante todo el ciclo de desarrollo. Está enfocada en sistemas de gestión empresarial y busca evitar problemas en la implementación de estos.

La UOM se encuentra formada por diez medidas de calidad denominadas UM (*Usability Measure*). Estas medidas de calidad están diseñadas para ser obtenidas en las distintas fases del ciclo de desarrollo del software y evalúan una o varias subcaracterísticas de usabilidad descritas por la ISO/IEC 25010 [16] las cuales son:

- Capacidad para reconocer su adecuación.
- Capacidad de aprendizaje.
- Capacidad para ser operado.
- Protección contra errores del usuario.

- Estética de la interfaz del usuario.
- Accesibilidad

Para la obtención de los valores de las medidas de usabilidad se crearon actividades que generen entregables. Los entregables son documentos, prototipos o productos de software que son analizados para obtener los valores del UM. Cada UM permite medir el nivel de usabilidad de una o varias subcaracterísticas de usabilidad descritas en la norma ISO 25010. Las UM propuestas son:

- UM-01: Existencia de diagrama de procesos.
- UM-02: Existencia de especificación de Casos de usos o Historias de usuario
- UM-03: Prototipos aceptados
- UM-04: Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo
- UM-05: Interfaces de usuario con botón de retorno
- UM-06: Interfaces que respetan el lenguaje del negocio
- UM-07: Aceleradores para acciones principales.
- UM-08: Tareas cumplidas.
- UM-09: Resultado de evaluación heurística.
- UM-10: Resultados de encuesta de usabilidad.

Las UM, de la 01 a la 08, pueden ser promediadas para obtener una calificación global del producto. Utilizar el promedio nos ofrece dos ventajas: (i) Se podrá obtener calificaciones parciales de la usabilidad del producto mientras se completan las fases o se van entregando los productos y (ii) No es necesario obtener todas las medidas descritas con lo cual los equipos de desarrollo podrán elegir las medidas que utilizarán.

Las UM 09 y 10 no pueden promediarse por ser de tipo cualitativo. Sin embargo, permitirán obtener la visión externa del sistema ya que las fuentes de información vienen de expertos y de usuarios. La Tabla 3 ilustra la relación entre las UM creadas con las subcaracterísticas de usabilidad.

Tabla 3 Relación entre las UM y las subcaracterísticas de usabilidad que evalúan

	Capacidad para reconocer su adecuación	Capacidad de aprendizaje	Capacidad para ser usado	Protección contra errores del usuario	Estética de interfaz de usuario	Accesibilidad
UM-01	✓	✓				
UM-02	✓	✓	✓			
UM-03	✓	✓	✓		✓	
UM-04				✓		
UM-05			✓			
UM-06	✓	✓	✓			
UM-07			✓			✓
UM-08			✓			
UM-09	✓		✓	✓	✓	
UM-10	✓	✓	✓	✓	✓	

A diferencia de los métodos de evaluación tradicionales descritos en el primer capítulo, la metodología UOM entrega valores de usabilidad durante todas las fases del ciclo de vida del producto. Para lograrlo, se definió un ciclo de vida lo más general posible con el objetivo de que UOM pueda ser implementado con cualquier metodología de desarrollo. Se consideraron las primeras cinco áreas del conocimiento del SWEBOOK [38] como fases del ciclo de vida del software que quedaron de esta manera:

- El análisis de requisitos.
- El diseño.
- La codificación.
- Las pruebas.
- El mantenimiento.

Estas cinco áreas son equivalentes con las fases del proceso del software propuesto por Pressman mismas que coinciden con los modelos de proceso de software existentes [37, p. 27]. En la Ilustración 1 se muestra el diseño de la metodología en donde se



aprecian las fases del ciclo de vida del software organizadas verticalmente. De forma horizontal se listan en primer lugar las técnicas a utilizar, luego los productos que generan las técnicas y por último las medidas de usabilidad que se obtienen con la evaluación de los productos. Al final del diagrama se agrupan las ocho medidas que son utilizadas para obtener una calificación final de usabilidad y las dos medidas que permiten una evaluación de tipo cualitativa. A continuación, se detallan cada una de las medidas desarrolladas.

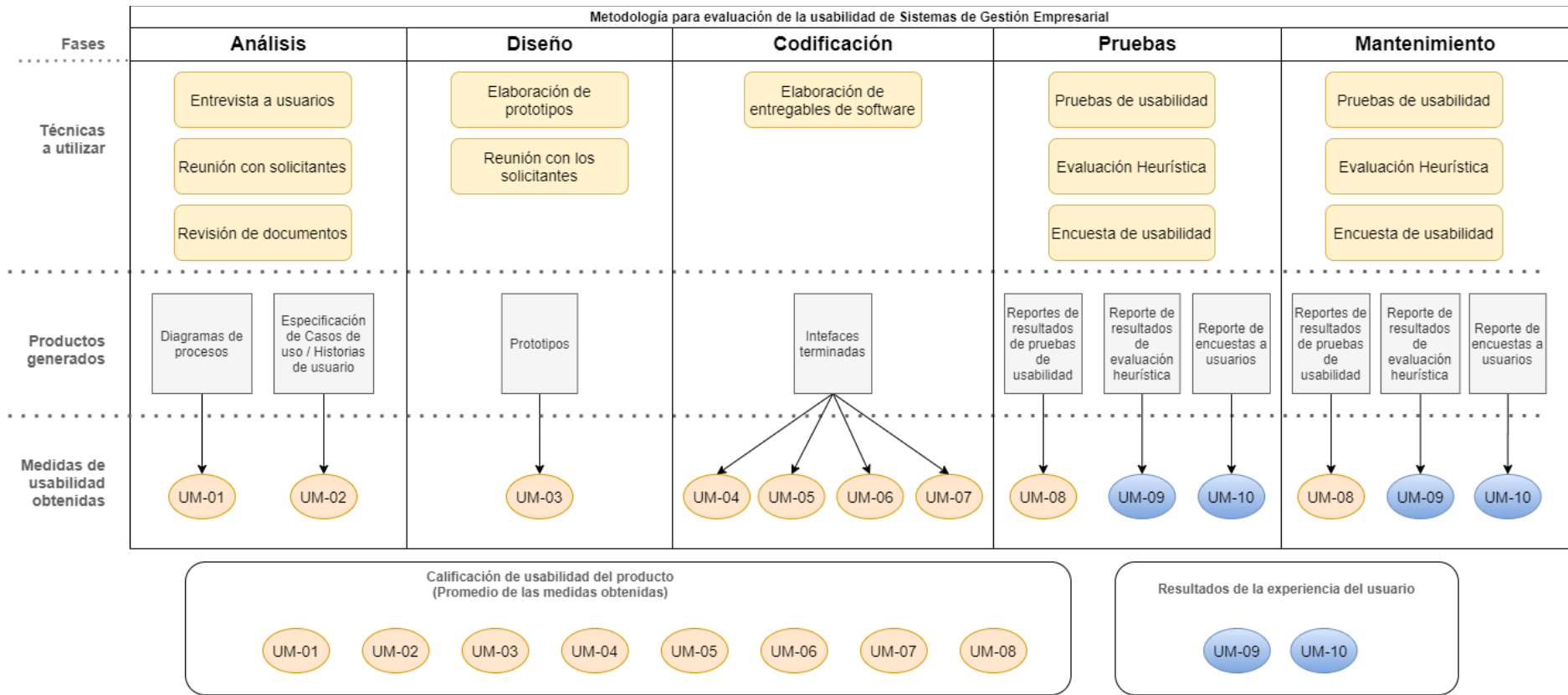


Ilustración 1 Diagrama de la metodología UOE.

### **3.1.1 Descripción de las UM (*Usability Measure*)**

En esta sección, se presentan tablas que describen cada una de las medidas de usabilidad creadas para la presente metodología y los gráficos que representan cómo se obtienen las medidas. Las fichas y los gráficos se basan en los modelos propuestos en la Norma ISO/IEC 25021 [39].

### **3.1.2 UM-01: Existencia de diagramas de procesos**

El objetivo de esta medida es evidenciar que se elaboraron diagramas de procesos en donde se registran los pasos que debe cumplir el usuario para realizar una tarea. Se debe elaborar un diagrama por cada proceso identificado en la toma de requisitos. Estos diagramas permiten visualizar el recorrido del usuario a través de una tarea. Los diagramas deberán ser validados por el solicitante y de ser posible debería también tener la aprobación de los actores del proceso.

Las subcaracterísticas de usabilidad que son evaluadas son: (i) Capacidad para reconocer su adecuación y (ii) Capacidad de aprendizaje. En la Ilustración 2 se define de manera resumida el proceso a para realizar la evaluación, desde la parte inferior se indican los documentos de entrada, luego las actividades a desarrollar y los productos generados. Los productos generados o los resultados obtenidos permiten ejecutar el método de medición que nos entrega el valor de la UM. Esta UM sirve para la evaluación de las subcaracterísticas de usabilidad.

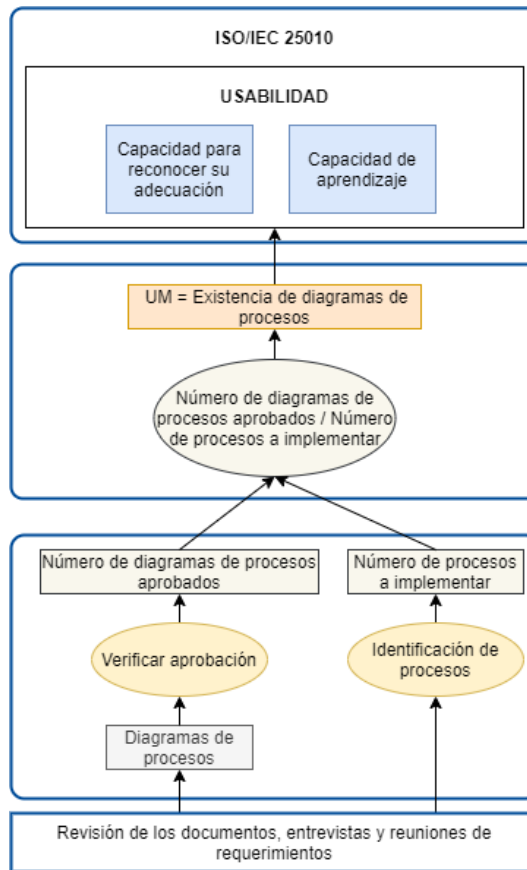


Ilustración 2 Diagrama de UM-01: Existencia de diagramas de procesos

El método para la medición de la UM-01 es el siguiente:

- Elaborar los diagramas de procesos tomando como fuente de información las entrevistas realizadas, los documentos y las reuniones.
- Presentar los diagramas aprobados por los solicitantes.

Los valores aceptados para esta medición es el cociente del número de diagramas aprobados dividido para el número de procesos encontrados. Esta medida deberá ser tomada en la fase de análisis. Solo con diagramas aprobados se podrá asegurar que los procesos implementados en el sistema sean los correctos. Esto ayuda a garantizar la adecuación del sistema a las necesidades del usuario y el fácil aprendizaje.

Las entrevistas con los usuarios permitirán encontrar características de accesibilidad que deben ser implementadas. La Ilustración 2 presenta de manera resumida la

aplicación de la medida de usabilidad UM-01. La Tabla 4 describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-01.

Tabla 4 UM-01: Existencia de diagramas de procesos

UM	UM-01: Existencia de Diagramas de procesos
<b>Entidad objetivo:</b>	Diagramas de procesos.
<b>Objetivos y propiedades a medir:</b>	Evidenciar la existencia de diagramas de procesos validados por los usuarios. La existencia de diagramas de procesos demuestra que tanto los solicitantes como el equipo de desarrollo acordaron la manera en la que el sistema funcionará.
<b>Subcaracterísticas de usabilidad ISO 25010 que son evaluadas:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para reconocer su adecuación</li> <li>• Capacidad de aprendizaje</li> </ul>
<b>Método de medición:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener el número total de procesos a implementar.</li> <li>• Obtener el diagrama de procesos creados y aprobados.</li> <li>• Dividir el número de diagramas de procesos para el número de procesos.</li> </ul> $UM = \frac{\text{Número de diagramas de procesos}}{\text{Número de procesos}}$
<b>Entradas para el QME:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lista de procesos a implementar</li> <li>• Diagramas de procesos.</li> </ul>
<b>Unidad de medida:</b>	Cociente
<b>Tipo de escala:</b>	Ordinal
<b>Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida:</b>	Fases de análisis

### UM-02: Existencia de Especificación de Casos de usos o Historias de usuario

Tiene como propósito evidenciar la elaboración de las historias de usuario o los casos de uso con sus especificaciones. Las especificaciones de casos de uso como las historias de usuario son instrumentos que se utilizan para documentar los requisitos funcionales. Para la evaluación de la usabilidad es necesario que las historias de usuario / casos de uso registren:

- Especificación de los caminos alternativos.
- Especificación de las operaciones riesgosas.
- Especificación de las excepciones.

La UM-02 se aplica para evaluar las subcaracterísticas de usabilidad: (i) Capacidad para reconocer su adecuación, (ii) Capacidad de aprendizaje y (iii) Capacidad para ser usado. El procedimiento para la obtener la UM-02 es el siguiente:

- Realizar reuniones con los solicitantes, entrevistas a los usuarios y revisión de documentos utilizados durante el proceso.
- Analizar la información recolectada y elaborar el documento que describa las tareas que realizan los usuarios. Es importante que se documente: los caminos alternativos, las excepciones y las operaciones de riesgo.
- La validación y aprobación se realizará si la historia de usuario tiene la especificación de los caminos alternativos, acciones riesgosas y especificación de excepciones.

El valor de la UM-02 se obtiene del cociente de dividir el número de Casos de Uso e Historias de usuario para el total de procesos a ser desarrollados. La evaluación de UM-03 debe realizarse en la fase de análisis. El levantamiento de Casos de Uso e historias de usuario garantizan que todos los requerimientos funcionales son tomados en cuenta y que el proceso para realizarlos tiene una documentación y su fácil aprendizaje. Tener en cuenta los caminos alternativos, los errores que puedan producirse y las excepciones que puedan originarse y establecer la manera de control desde esta fase permite aumentar la capacidad para ser usado.

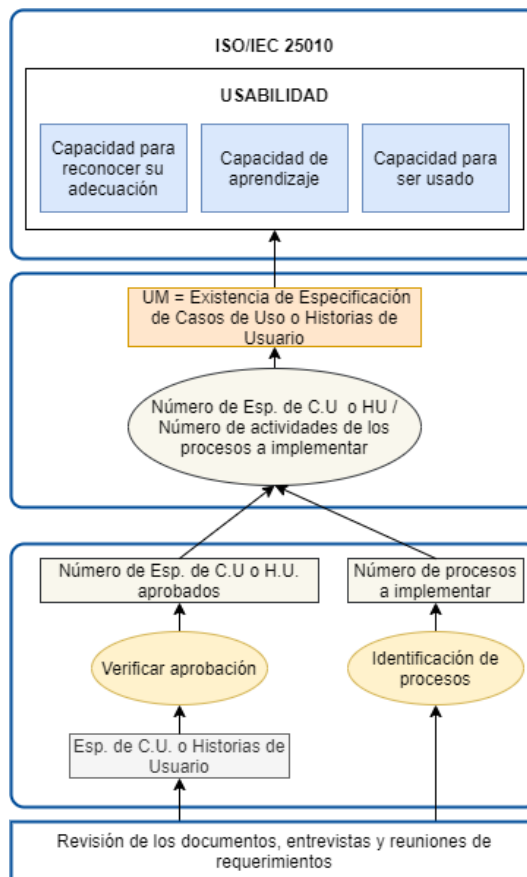


Ilustración 3 Diagrama de la UM-02 Existencia de especificación de casos de uso o historias de usuario

La Ilustración 3 presenta de manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-02. A continuación, en la Tabla 5 se describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-02.

Tabla 5 Diagrama de la UM-02 Existencia de especificación de casos de uso o historias de usuario

<b>UM</b>	<b>UM-02: Existencia de especificación de casos de usos o Historias de usuario</b>
Entidad objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificación de casos de uso.</li> <li>• Historias de usuario.</li> </ul>
Objetivos y propiedades a medir.	Esta medida busca evaluar que el grado en que el equipo de desarrollo conoce el proceso y las actividades que debe implementar.

	<p>La especificación de los casos de uso o las historias de usuario son instrumentos para documentar los requisitos funcionales. En las metodologías tradicionales se utilizan las especificaciones de casos de uso y en las ágiles se prefieren las historias de usuario.</p> <p>Para poder evaluar la usabilidad es necesario que estos instrumentos registren la especificación de: (i) los caminos alternativos, (ii) las operaciones de riesgo y (iii) las excepciones. Esta información guiará a los desarrolladores sobre los aspectos que se deben tomar en cuenta al momento de crear los entregables.</p>
Características de calidad ISO 25010 relacionadas	<p>Para medir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para reconocer su adecuación</li> <li>• Capacidad de aprendizaje</li> <li>• Capacidad para ser usado</li> </ul>
Método de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar el número de especificaciones de casos de uso o historias de usuario aprobadas. Para aprobar el instrumento es necesario que este contenga la especificación de caminos alternativos, operaciones riesgosas y excepciones.</li> <li>• Contar el número de actividades a implementarse.</li> </ul> $UM = \frac{\text{Esp. de Casos de uso o historias de usuario aprobadas}}{\text{Número de actividades de los procesos a ser desarrollados}}$
Entradas para el QME	Historias de usuario o Especificación de casos de usos. Diagrama de procesos.
Unidad de medida	Cociente
Tipo de escala	Ordinal
Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida	Fases de análisis

### UM-03: Prototipos aceptados

El objetivo es medir el número de prototipos aceptados por los usuarios del total de prototipos elaborados. Prototipos elaborados son las propuestas de las interfaces realizadas por el equipo. Pueden ser sólo gráficas en papel, diapositivas, diseños estáticos o diseños interactivos desarrollados con alguna herramienta de software. La aceptación de un prototipo es tarea del solicitante.

La UM-03 se utiliza para asegurar las subcaracterísticas de usabilidad de: (i) Capacidad para reconocer su adecuación, (ii) Capacidad de aprendizaje, (iii) Capacidad para ser usado y (iv) Estética de la interfaz del usuario. Para obtener esta medida se debe realizar los siguientes pasos:



- Elaborar los prototipos.
- Realizar una reunión con los solicitantes para la aprobación de los prototipos. En esta reunión se presentan los prototipos a los solicitantes. Si los prototipos son estáticos, el equipo de desarrollo expone su funcionamiento, si son interactivos, se deja que los solicitantes los manejen de forma libre y presenten sus observaciones sobre los mismos. En esta reunión o reuniones, los solicitantes deben dar su veredicto sobre la aprobación o no del prototipo presentado.

El método de medición será el resultado del cociente de dividir el número de prototipos aceptados para el total de prototipos presentados. Esta medida deberá ser tomada en la fase de diseño. La Ilustración 4 presenta de manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-03. La Tabla 6 describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-03.

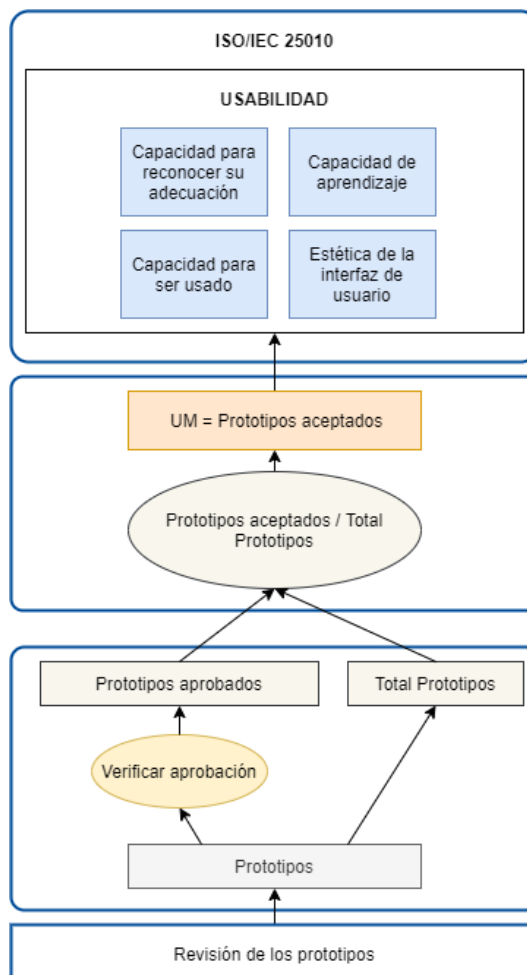


Ilustración 4 Diagrama de la UM-03 Prototipos aceptados

Tabla 6 UM-03 Prototipos aceptados

UM	UM-03: Prototipos aceptados
Entidad objetivo	Prototipos elaborados en la fase de diseño.
Objetivos y propiedades a medir.	<p>Medir el número de prototipos aceptados por los usuarios.</p> <p><b>Prototipos elaborados:</b> las propuestas de las interfaces realizadas por el equipo. Pueden ser sólo gráficas en papel, diapositivas o diseños elaborados con alguna herramienta.</p> <p><b>Prototipos aceptados:</b> El número de prototipos que los usuarios aceptan.</p>
Características de calidad ISO 25010 que son evaluadas	<p>Para medir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para reconocer su adecuación</li> <li>• Capacidad de aprendizaje</li> <li>• Capacidad para ser usado</li> <li>• Estética de la interfaz del usuario</li> </ul>
Método de medición	<p>Enumerar los prototipos que son aceptados por los usuarios.</p> <p>La medida se obtendrá del cociente del número de prototipos aceptados entre número total de prototipos.</p> $UM = \frac{\text{Prototipos aprobados}}{\text{Total de prototipos}}$
Entradas para el QME	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los prototipos elaborados.</li> <li>• Las actas de las reuniones de revisión de prototipos</li> </ul>
Unidad de medida	Cociente
Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida	Fases de diseño

### 3.1.3 UM-04: Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo

El objetivo de UM-04 es contar el número de operaciones riesgosas que poseen un cuadro de diálogo de advertencia antes de ejecutarse. Las operaciones riesgosas son operaciones realizadas por el usuario en las que se produce la eliminación, anulación o modificación de datos que no pueden ser recuperados fácilmente. Serán definidas en el

diseño y estarán documentadas en las historias de usuario. Un mensaje de advertencia es un cuadro de diálogo de la interfaz que advierte al usuario el riesgo de realizar una operación y le presenta dos opciones continuar o cancelar la ejecución de la tarea.

El procedimiento para obtener la UM-04 es el siguiente:

- Enumerar los mensajes de advertencia implementados en las interfaces concluidas por los desarrolladores.
- Enumerar las acciones de riesgo definidas en los casos de uso / historias de usuario.
- La medida de calidad será el cociente de dividir los mensajes de advertencia implementados entre el número de acciones riesgosas definidas.

Esta medida puede ser tomada cuando ya se tienen productos desarrollados, por esta razón es aplicable en la fase de codificación. La UM-04 permite obtener una medida para la subcaracterística de usabilidad Protección contra errores (Ver Tabla 3). Ya que garantiza que existan advertencias al usuario sobre acciones de riesgo para evitar errores involuntarios. Es importante que el mensaje sea claro y establezca claramente las consecuencias de realizar la acción. La Ilustración 5 presenta de manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-04 y la Tabla 7 describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-04.

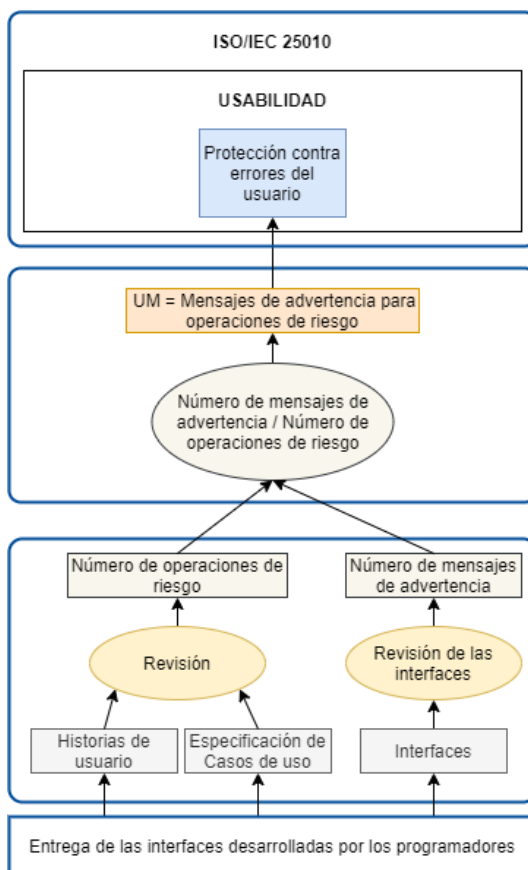


Ilustración 5 Diagrama de la UM-04 Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo

Tabla 7: UM-04 Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo

<b>UM</b>	<b>UM-04: Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo</b>
Entidades objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historias de usuario.</li> <li>• Especificaciones de casos de uso.</li> <li>• Interfaces</li> </ul>
Objetivos y propiedades a medir.	<p>Identificar el número de operaciones riesgosas que poseen un cuadro de diálogo de advertencia antes de ejecutarse.</p> <p><b>Operaciones riesgosas:</b> Operaciones realizadas por el usuario en las que se produce la eliminación, anulación o modificación de datos que no pueden ser recuperados fácilmente. Las operaciones riesgosas serán definidas en el diseño y estarán documentadas en las especificaciones de casos de uso o en las historias de usuario.</p>

	<b>Mensajes de advertencia:</b> Cuadros de diálogo que advierten al usuario el riesgo de realizar una operación. Deben presentar dos opciones continuar o cancelar la ejecución de la tarea.
Características de calidad ISO 25010 que son evaluadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección contra errores del usuario.</li> </ul>
Método de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enumerar los mensajes de advertencia implementados en las interfaces.</li> <li>• Enumerar las acciones riesgosas definidas en las especificaciones de casos de uso o en las historias de usuario.</li> <li>• La medida de calidad será el cociente de dividir los mensajes de advertencia implementados entre el número de acciones riesgosas definidas.</li> </ul> $UM = \frac{\text{mensajes de advertencia}}{\text{operaciones riesgosas}}$
Entradas para el QME	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces terminadas por el equipo de programación.</li> <li>• Historias de usuario o especificaciones de casos de uso.</li> </ul>
Unidad de medida	Cociente
Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida	Fases de codificación. Al finalizar los productos entregables.

### 3.1.4 UM-05: Interfaces de usuario con botón retorno

Tiene como objetivo contar el número de interfaces que implementan un botón de retorno. Un botón de retorno es un control en la interfaz de usuario (puede ser un botón o un gesto en una pantalla táctil) que permite regresar a la interfaz desde la que ingresó a la actual. El proceso para obtener la medida es el siguiente:

- Contar el total de interfaces entregadas.
- Contar el total de interfaces que tienen un botón de retorno.

La medida UM-05 se obtiene del cociente entre el número de interfaces que tienen un botón de retorno dividido para el número de interfaces entregadas. Se aplica en la fase de codificación ya que se deben tener interfaces terminadas.

La UM-05 permite obtener una medida para la subcaracterística de usabilidad Capacidad para ser usado, ya que contar con un botón de retorno en cada interfaz ayuda a la navegación en el sistema. Evita el temor de los usuarios a encontrarse en callejones

sin salida entregando la posibilidad de poder retornar a la interfaz anterior. La Ilustración 6 presenta de manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-05 y la Tabla 8) describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-05.

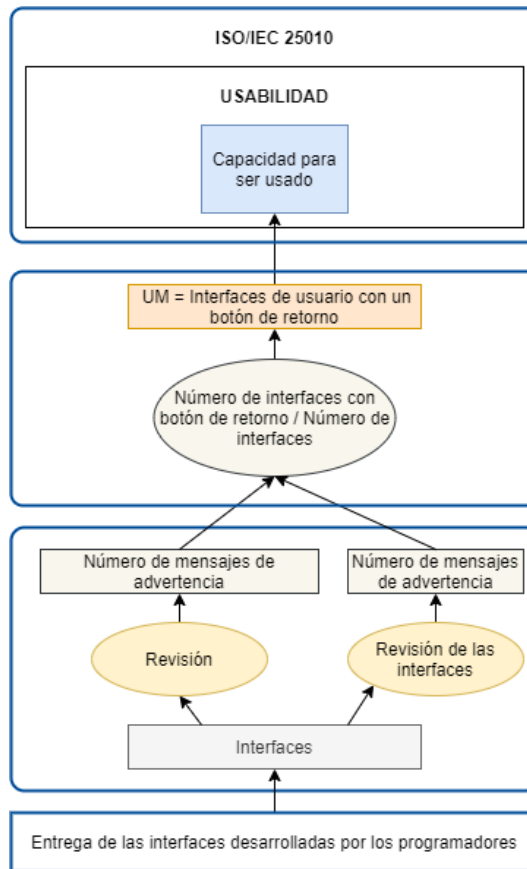


Ilustración 6 Diagrama de la UM-05 Interfaces de usuario con botón de retorno

Tabla 8 UM-05 Interfaces de usuario con botón de retorno

<b>UM</b>	<b>UM-05: Interfaces de usuario con botón retorno</b>
Entidades objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces de usuario.</li> </ul>
Objetivos y propiedades a medir.	<p>Identificar las interfaces que implementan botón de retorno para regresar a la interfaz anterior.</p> <p><b>Botón de retorno:</b> Un control en la interfaz (puede ser un botón o un gesto en una pantalla táctil) que permita al usuario regresar a la interfaz desde la que ingresó.</p>

Características de calidad ISO 25010 que son evaluadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para ser usado.</li> </ul>
Método de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar el total de interfaces entregadas por el equipo de desarrollo.</li> <li>• Contar el total de interfaces que tienen un botón de retorno.</li> <li>• La medida de calidad se obtendrá dividiendo el número de interfaces con botón retorno para el número de interfaces entregadas.</li> </ul> $UM = \frac{\text{interfaces con botón de retorno}}{\text{interfaces entregadas}}$
Entradas para el QME	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces terminadas por el equipo de programación.</li> </ul>
Unidad de medida	Cociente
Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fases de diseño (Se pueden evaluar los prototipos)</li> <li>• Fases de codificación.</li> </ul>

### 3.1.5 UM-06: Interfaces que respetan el lenguaje del negocio

Tiene como objetivo obtener una valoración basada en las interfaces que respetan el contexto del lenguaje del negocio. Es decir, que en sus mensajes, botones y elementos utilizan los términos descritos en las fases de análisis ya sea en los Casos de uso, especificaciones de casos de uso o historias de usuario. El procedimiento para obtener esta medida es el siguiente:

- Para cada interfaz de usuario elaborada se debe revisar las expresiones utilizadas en la interfaz y buscar si las mismas están presentes en los documentos de la fase de análisis.
- De encontrarse una expresión que no se encuentra en estos documentos, la interfaz no puede ser contabilizada.

El valor de la medida se obtiene dividiendo el número de interfaces que respetan el lenguaje del negocio para el número de interfaces entregadas. Esta medida se puede obtener durante la fase de codificación.

La UM-06 permite obtener un valor para las siguientes subcaracterísticas de usabilidad: (i) Capacidad para reconocer su adecuación, (ii) Capacidad de aprendizaje y (iii)

Capacidad para ser usado. Contar con los términos del negocio en las interfaces mejora la capacidad de aprendizaje, la capacidad de uso y la adecuación a los procesos de la empresa. La Ilustración 7 presenta de manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-06 y la Tabla 9) describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-06.

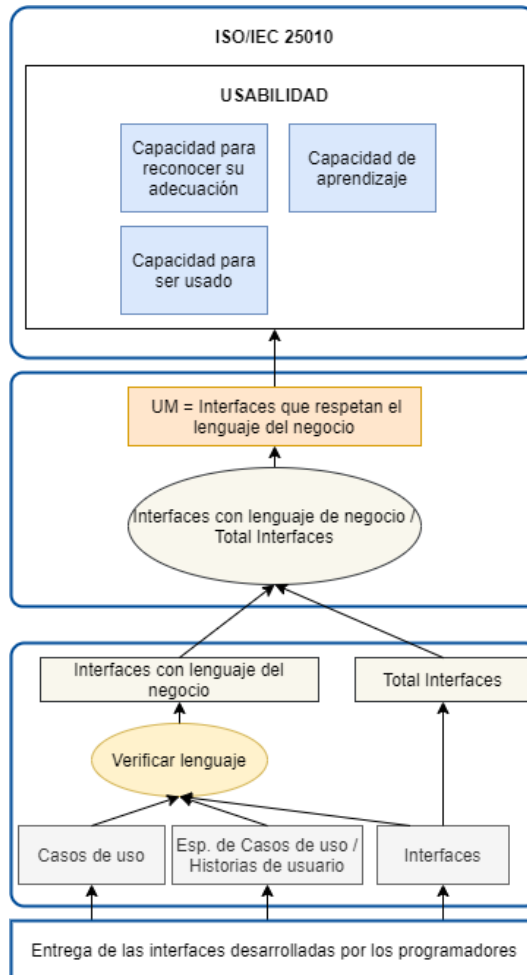


Ilustración 7 Diagrama de la UM-06 Interfaces que respetan el lenguaje del negocio

Tabla 9 UM-06 Interfaces que respetan el lenguaje del negocio

<b>UM</b>	<b>UM-06: Interfaces que respetan el lenguaje del negocio</b>
Entidad objetivo	Interfaces de usuario.



Objetivos y propiedades a medir.	<p>Contar el número de interfaces de usuario que respetan el lenguaje del negocio.</p> <p><b>Lenguaje del negocio:</b> son los términos y expresiones que utilizan los usuarios en los procesos y actividades diarias y que deben ser trasladados al sistema. Estos términos están documentados en los Diagramas de procesos, Casos de uso, Especificaciones de casos de uso y en las Historias de usuario.</p>
Características de calidad ISO 25000 que son evaluadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para reconocer su adecuación</li> <li>• Capacidad de aprendizaje.</li> <li>• Capacidad para ser usado.</li> </ul>
Método de medición	<p>Enumerar las interfaces que utilizan los términos y expresiones del lenguaje del negocio que están documentados en los Diagramas de Procesos, Casos de Uso, Especificaciones de Casos de Uso o Historias de Usuario.</p> <p>El valor de la medida se obtiene del cociente de las interfaces.</p> $UM = \frac{\text{interfaces que respetan el lenguaje del negocio}}{\text{interfaces entregadas}}$
Entradas para el QME	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz funcional.</li> <li>• Documentos de la fase de análisis.</li> </ul>
Unidad de medida	Cociente.
Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida	Fases de codificación.

### 3.1.6 UM-07: Interfaces con aceleradores para acciones principales.

El objetivo de UM-07 es obtener una medida basada en el número de interfaces que cuentan con aceleradores para la acción principal y la acción de retorno de una interfaz. Se define un Acelerador como un atajo del teclado (o gestos de una pantalla táctil) que permiten un acceso rápido a una opción de la interfaz. Un atajo del teclado es una tecla (o combinación de teclas) que permiten ejecutar una acción en una interfaz. En pantallas táctiles se utilizan gestos en lugar de atajos del teclado. Los gestos pueden ser: (i) desplazar los dedos hacia la izquierda, derecha, abajo o arriba, (ii) sacudir el dispositivo o (iii) desplazar con dos dedos.

La acción principal de una interfaz es la acción que concluye la tarea objetivo. Por ejemplo, las interfaces en su mayoría están diseñadas para crear, eliminar, modificar un registro, generar un informe, enviar un correo o realizar una búsqueda. La acción de

retorno se refiere abandonar la interfaz sin finalizar la tarea. Al abandonar la tarea se debe regresar a la interfaz anterior y los cambios en los datos no deben ser aplicados.

La UM-07 permite medir las subcaracterísticas de: (i) Capacidad para ser usado y (ii) Accesibilidad. El procedimiento para obtenerla es analizar las interfaces terminadas y contar cuántas poseen aceleradores. La medida es el cociente entre el número de interfaces con aceleradores para el número de interfaces entregadas. Esta medida debe tomarse en la fase de codificación. La Ilustración 8 presenta de manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-07 y La Tabla 10 describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-07.

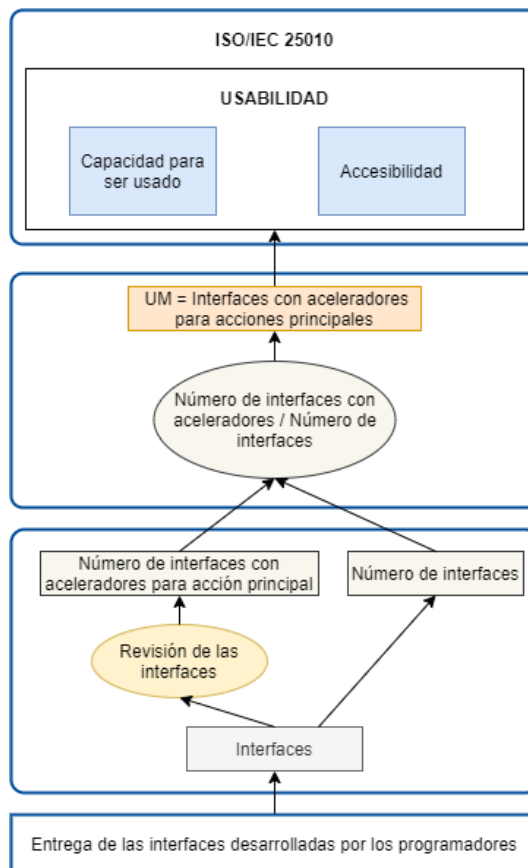


Ilustración 8 Diagrama de la UM-07 Aceleradores para acciones principales

Tabla 10 UM-07 Aceleradores para acciones principales

<b>UM</b>	<b>UM-07: Aceleradores para acciones principales.</b>
<b>Entidad objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces de usuario.</li> </ul>
<b>Objetivos y propiedades a medir.</b>	<p>Identificar las interfaces que cuentan con aceleradores para la acción principal y la acción de cancelar.</p> <p><b>Aceleradores:</b> Atajo del teclado o gestos que aceleran el acceso a una opción de la interfaz.</p> <p><b>Atajos del teclado:</b> Es una tecla o combinación de teclas que permiten ejecutar una acción en una interfaz.</p> <p><b>Gestos:</b> En pantallas táctiles se utilizan gestos en lugar de atajos del teclado. Los gestos pueden ser: desplazar los dedos, sacudir el dispositivo o desplazar con dos dedos.</p> <p><b>Acción principal:</b> Las interfaces poseen una acción principal que concluye la tarea objetivo. Por ejemplo: crear, eliminar, modificar un registro, generar un informe, enviar un correo o realizar una búsqueda. En los formularios HTML, la acción principal está representada por el botón <i>submit</i>.</p> <p><b>Acción de cancelar:</b> La acción de cancelar se refiere abandonar la interfaz sin finalizar la tarea. Al abandonar la tarea se debe regresar a la interfaz anterior.</p>
<b>Características de calidad ISO 25000 que son evaluadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para ser usado.</li> <li>• Accesibilidad</li> </ul>
<b>Método de medición</b>	<p>Enumerar las interfaces que tienen teclas rápidas para la acción principal y la acción de cancelar. La medida de calidad será el cociente de dividir el número de interfaces con atajos del teclado para el número de interfaces entregadas.</p> $UM = \frac{\text{interfaces con aceleradores}}{\text{total de interfaces}}$
<b>Entradas para el QME</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces terminadas por el equipo de programación.</li> </ul>
<b>Unidad de medida</b>	Cociente.
<b>Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fases de codificación.</li> </ul>

### **3.1.7 UM-08: Tareas cumplidas**

El objetivo de la UM-08 es contar el número de tareas que se cumplieron durante una prueba de usuario. Una tarea es un proceso del negocio que el usuario debe realizar utilizando el sistema. Permite obtener una medida para la subcaracterística de: Capacidad para ser usado. Para obtener la UM-08 se debe seguir este procedimiento:

- Convocar a un usuario para la prueba de la interfaz.
- Realizar una prueba en donde se solicita al usuario que realice todas o algunas de las tareas definidas en los casos de uso. Se debe utilizar la técnica de Pensar en voz alta y documentar en vídeo las interacciones del usuario.
- Contar el número de tareas que el usuario pudo completar.
- Dividir el número de tareas cumplidas para el número de tareas solicitadas.

El valor de la UM-08 es el cociente entre el número de tareas finalizadas para el número de tareas solicitadas en las pruebas de usuario. Se puede aplicar en las fases de prueba y de mantenimiento.

La video-documentación de la prueba permitirá conocer al equipo de desarrollo en qué pensaba el usuario mientras realizaba las tareas y qué dificultades encontró. La técnica de Pensar en voz alta es la más barata de las pruebas de usuario. Si el equipo de desarrollo tiene las posibilidades económicas puede realizar la prueba utilizando programas para seguimiento del ratón e incluso utilizar herramientas para el seguimiento ocular. La Ilustración 9 presenta de manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-08 y la Tabla 11 describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-08.

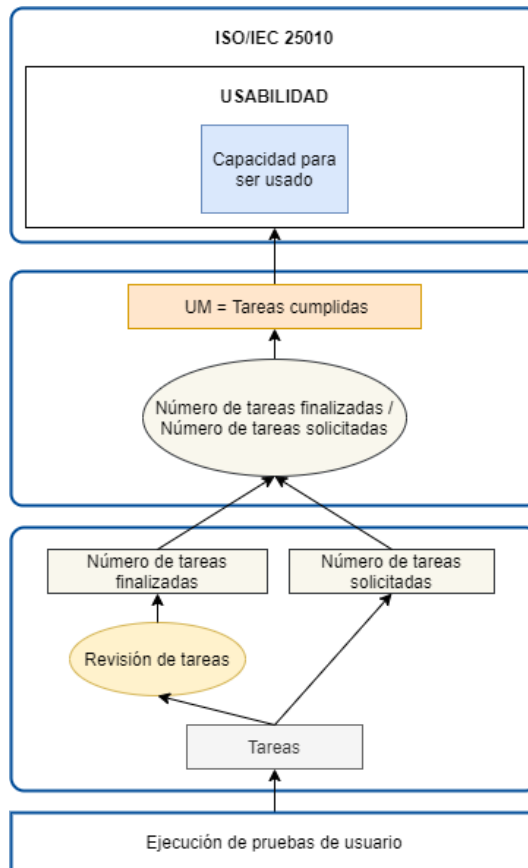


Ilustración 9 Diagrama de la UM-08 Tareas cumplidas

Tabla 11 UM-08 Tareas cumplidas

<b>UM</b>	<b>UM-08: Tareas cumplidas.</b>
<b>Entidades objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tareas realizadas en las pruebas de usuario.</li> </ul>
<b>Objetivos y propiedades a medir.</b>	<p>Obtener el número de tareas que los usuarios pudieron realizar con la ayuda del sistema durante una prueba de usabilidad.</p> <p><b>Tarea:</b> Un proceso del negocio que el usuario debe realizar utilizando el sistema.</p>
<b>Características de calidad ISO 25000 que son evaluadas</b>	<p>Para medir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad para ser usado.</li> </ul>
<b>Método de medición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar una prueba de usabilidad en donde se solicita al usuario que realice todas o algunas de las tareas definidas en los casos de uso.</li> <li>Contar el número de tareas que el usuario pudo completar.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dividir el número de tareas cumplidas para el número de tareas solicitadas.</li> </ul> $UM = \frac{\text{número de tareas finalizadas}}{\text{número de tareas solicitadas}}$
<b>Entradas para el QME</b>	Resultados de las pruebas de usuario.
<b>Unidad de medida</b>	Cociente
<b>Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fases de Pruebas.</li> <li>Fases de mantenimiento.</li> </ul>

### 3.1.8 UM-09: Número de heurísticas irrespetadas

El objetivo de esta medida es obtener una lista de problemas detectados a través de una evaluación heurística. Una heurística es una característica empírica que debe ser tomada en cuenta en un sistema para asegurar la usabilidad. Las más conocidas son las diez heurísticas de Nielsen y son las que se aconseja utilizar en esta metodología por ser breves, confiables y porque incluyen las cinco de las seis subcaracterísticas de usabilidad descritas en la ISO/IEC-25010 (Ver Tabla 12).

Tabla 12 Relación entre las Subcaracterísticas de usabilidad y las Heurísticas de Nielsen

	Capacidad para reconocer su adecuación	Capacidad de aprendizaje	Capacidad para ser usado	Protección contra errores	Estética de la interfaz de usuario	Accesibilidad
Visibilidad del estado del sistema			✓			
Coincidencia entre el sistema y el mundo real	✓					
Control de usuario y libertad			✓			✓
Consistencia y estándares	✓	✓				

<b>Prevención de errores</b>			✓
<b>Reconocimiento en lugar de recordar</b>	✓		
<b>Flexibilidad y eficiencia de uso</b>		✓	
<b>Diseño estético y minimalista</b>			✓
<b>Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores</b>		✓	✓
<b>Ayuda y documentación</b>	✓		

La evaluación heurística sigue este procedimiento:

- Convocar a un número de cinco a siete expertos en usabilidad.
- Entregar las heurísticas a revisar a cada evaluador y una lista de tareas a realizar.
- Los evaluadores deben completar las tareas y registrar los problemas de usabilidad detectados basados en las heurísticas entregadas.
- Al final de haber completado las tareas, los evaluadores deberán reunirse y acordar el grado de cada problema detectado. Para ello se recomienda utilizar la siguiente escala propuesta por Nielsen:
  - No es un problema de usabilidad.
  - Es un problema estético.
  - Es un problema menor.
  - Es un problema importante.
  - Es un problema que debe resolverse antes de implementar el sistema.
- Los evaluadores entregan el informe de los resultados de la evaluación.

Como unidad de medida se utiliza el número de problemas de usabilidad detectados. Esta medida puede ser obtenida en las fases de pruebas y mantenimiento. La Ilustración

10 presenta de manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-09 y la Tabla 13) describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-09

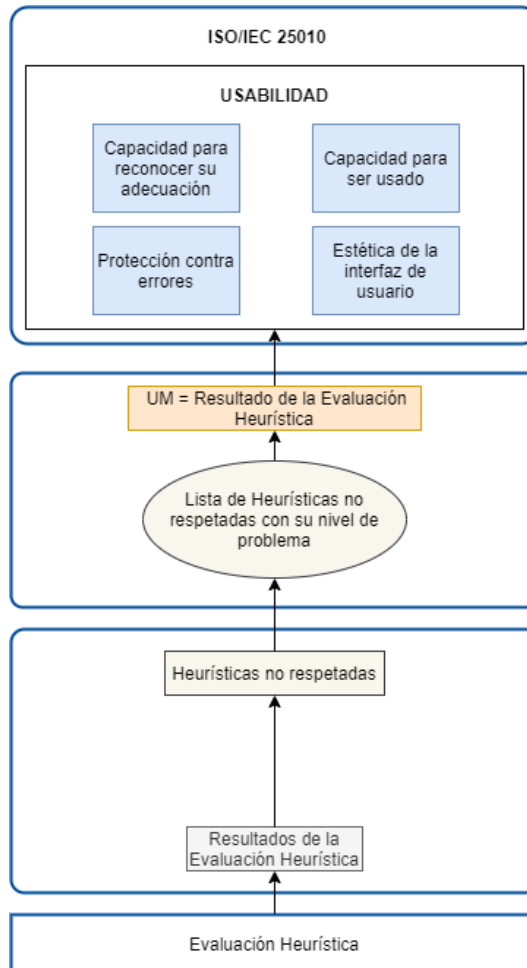


Ilustración 10 Diagrama de la UM-09 Número de heurísticas respetadas

Tabla 13 UM-09 Número de heurísticas respetadas

<b>UM</b>	<b>UM-09: Número de heurísticas irrespetadas.</b>
Entidad objetivo	Interfaces de usuario.
Objetivos y propiedades a medir.	Verificar el número de heurísticas irrespetadas. <b>Heurística:</b> característica empírica que debe ser tomada en cuenta en un sistema para asegurar la usabilidad. Recomendamos utilizar las 10 heurísticas de Nielsen



	que son: (i) Visibilidad y estado del sistema, (ii) Coincidencia entre el sistema y el mundo real, (iii) Control del usuario y libertad, (iv) Consistencia y estándares, (v) Prevención de errores, (vi) Reconocimiento en lugar de recordar, (vii) Flexibilidad y eficiencia de uso, (viii) Diseño estético y minimalista, (ix) Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores y (x) Ayuda y documentación.
Características de calidad ISO 25000 que son evaluadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para reconocer su adecuación</li> <li>• Capacidad para ser usado</li> <li>• Protección contra errores</li> <li>• Estética de la interfaz de usuario</li> </ul>
Método de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una evaluación heurística. Se recomienda utilizar las heurísticas de Nielsen.</li> <li>• Obtener la lista de heurísticas no respetadas.</li> <li>• Indicar el nivel del problema de usabilidad según el rango de Nielsen.</li> </ul>
Entradas para el QME	Evaluación heurística.
Unidad de medida	Lista nominal
Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fases de Pruebas.</li> <li>• Fases de mantenimiento.</li> </ul>

### 3.1.9 UM-10: Resultados de encuesta de usabilidad

El objetivo es obtener un valor de usabilidad del producto con base en la opinión de los usuarios. El proceso para esta medición es:

- Convocar a un usuario que represente a cada rol que interviene en el producto entregado.
- Solicitar al o los usuarios que completen una tarea o tareas del sistema.
- Al finalizar la tarea o tareas, se entrega el cuestionario de usabilidad para que sea completado por los usuarios. Se recomienda el uso de los cuestionarios SUS o PSSUQ.
- Se procede a la tabulación de los resultados obtenidos.
- Se promedia el resultado de todos los cuestionarios resueltos.

La medida obtenida servirá como una visión global de la usabilidad por parte de los futuros usuarios. La toma de esta medida se puede hacer en conjunto con la UM-08 y se la realiza en las fases de pruebas y mantenimiento. La Ilustración 11 presenta de

manera resumida la aplicación de la medida de usabilidad UM-10 y La Tabla 14 describe de manera detallada la aplicación de la medida de usabilidad UM-10.

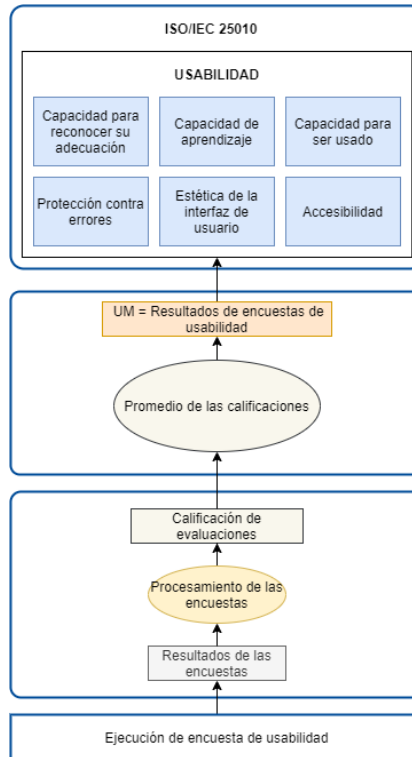


Ilustración 11 Diagrama de la UM-10 Resultados de encuesta de usabilidad

Tabla 14 UM-10 Resultados de encuesta de usabilidad

UM	UM-10: Resultados de encuesta de usabilidad.
Entidad objetivo	Cuestionario de usabilidad
Objetivos y propiedades a medir.	Obtener un valor de usabilidad del producto con base en la opinión de los usuarios.
Características de calidad ISO 25000 relacionadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para reconocer su adecuación</li> <li>• Capacidad de aprendizaje</li> <li>• Capacidad para ser usado</li> <li>• Protección contra errores</li> <li>• Estética de la interfaz de usuario</li> <li>• Accesibilidad</li> </ul>
Método de medición	Encuesta realizada luego de que el usuario termine una prueba de usabilidad. Se recomienda utilizar los cuestionarios SUS o PSSUQ

	La medida de calidad será el resultado del promedio de todas las evaluaciones.
Entradas para el QME	Resultados de las encuestas aplicadas.
Unidad de medida	Promedio
Fase del ciclo de vida donde se obtiene la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fases de pruebas.</li> <li>• Fases de mantenimiento.</li> </ul>

### 3.2 Aplicación de UOM en los modelos de desarrollo.

A continuación, se presenta la aplicación de la UOM en los principales modelos de desarrollo. Se observa que las fases propuestas en la metodología son compatibles con las fases de los modelos ágiles y tradicionales.

#### 3.2.1 Aplicación de UOM en el modelo de desarrollo en cascada

La Ilustración 12 representa la factibilidad de obtener las UM en un modelo de desarrollo en cascada. La UM-01 puede ser obtenida en la fase de Comunicación si la empresa ya tiene sus procesos establecidos y documentados. Para las empresas que no hayan formalizado sus procesos, la UM-01 deberá ser obtenida en la fase de Modelado. Las fases de Análisis y Diseño de la UOM están contenidas en la fase de Modelado y es en donde se tomará la UM-02 y la UM-03. La fase de Construcción contiene las fases de Codificación y Pruebas de la UOM. La fase de Planeación del modelo en cascada está orientada a la organización del equipo de desarrollo, por tal razón no se puede evaluar la usabilidad en esta etapa.

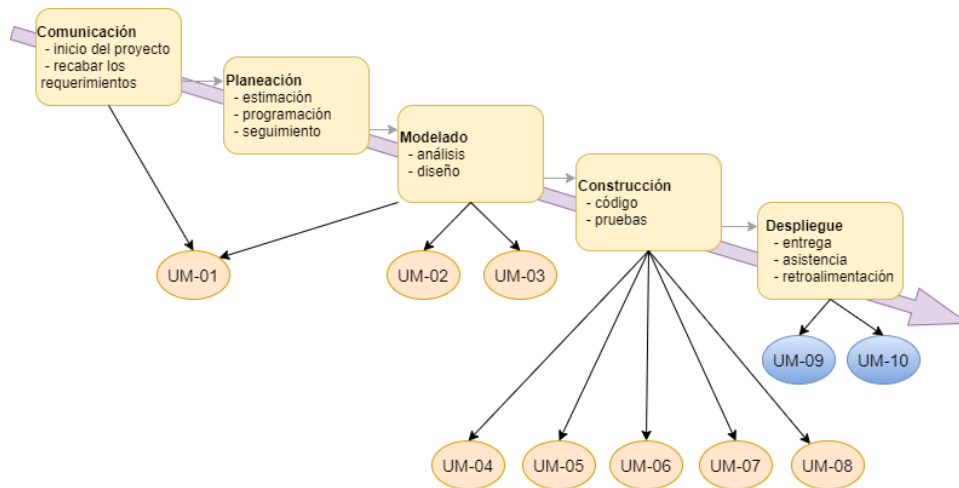


Ilustración 12 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo de desarrollo en cascada.

Fuente: Adaptación de la Ilustración 2.3 de Pressman [37, p. 34]

### 3.2.2 Aplicación de UOM en el modelo de desarrollo en V

La Ilustración 13 evidencia cómo obtener las UM en un modelo de desarrollo en V. Se plantea la equivalencia de fases de la siguiente manera: (i) Modelado de requerimientos equivale a las fases de Análisis y Diseño de la UOM, (ii) la fase de Generación de Código equivale a la fase de Codificación, (iii) la fase de pruebas unitarias y pruebas de aceptación equivale a la fase de Pruebas. No se puede obtener una evaluación de la usabilidad en las fases de Diseño de la Arquitectura y Diseño de componentes debido a que estas fases están orientadas a la organización del código fuente.

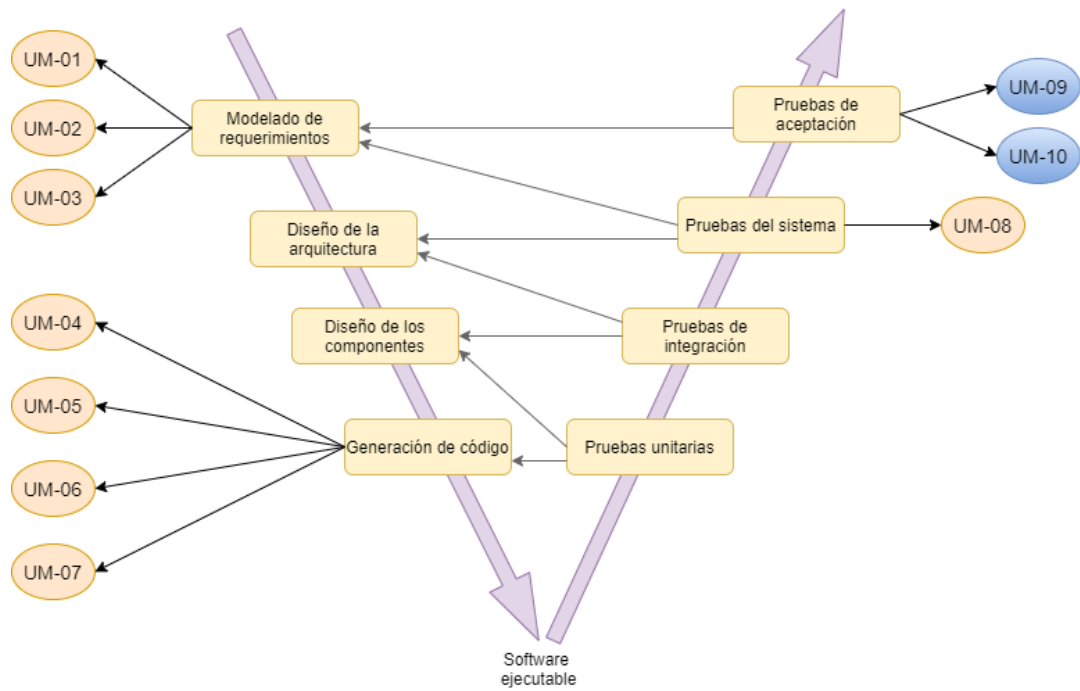


Ilustración 13 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo de desarrollo en V.

Fuente: Adaptación de la figura 2.4 de Pressman [37, p. 15].

### 3.2.3 Aplicación de la UOM en el modelo RUP

La UOM es aplicable al Proceso Unificado de Desarrollo de Software de la empresa *Rational* y que es conocido como RUP por sus siglas en inglés (*Rational Unified Process*). En la Ilustración 14 se observa la equivalencia entre las fases de Concepción, Elaboración, Construcción y Producción con las fases Análisis, Diseño, Codificación y Mantenimiento. Durante la fase de transición no es posible obtener medidas de usabilidad. La UM-01 puede ser obtenida durante la fase de comunicación en empresas que tengan documentados sus procesos, para las que no esta medida se obtendrá en la fase de modelado junto con la UM-02 y la UM-03. Las medidas de la UM-04 a la UM-08 se obtendrán durante la fase de construcción y las medidas UM-09 y UM-10 se las podrá obtener una vez el producto de software se encuentre en producción.

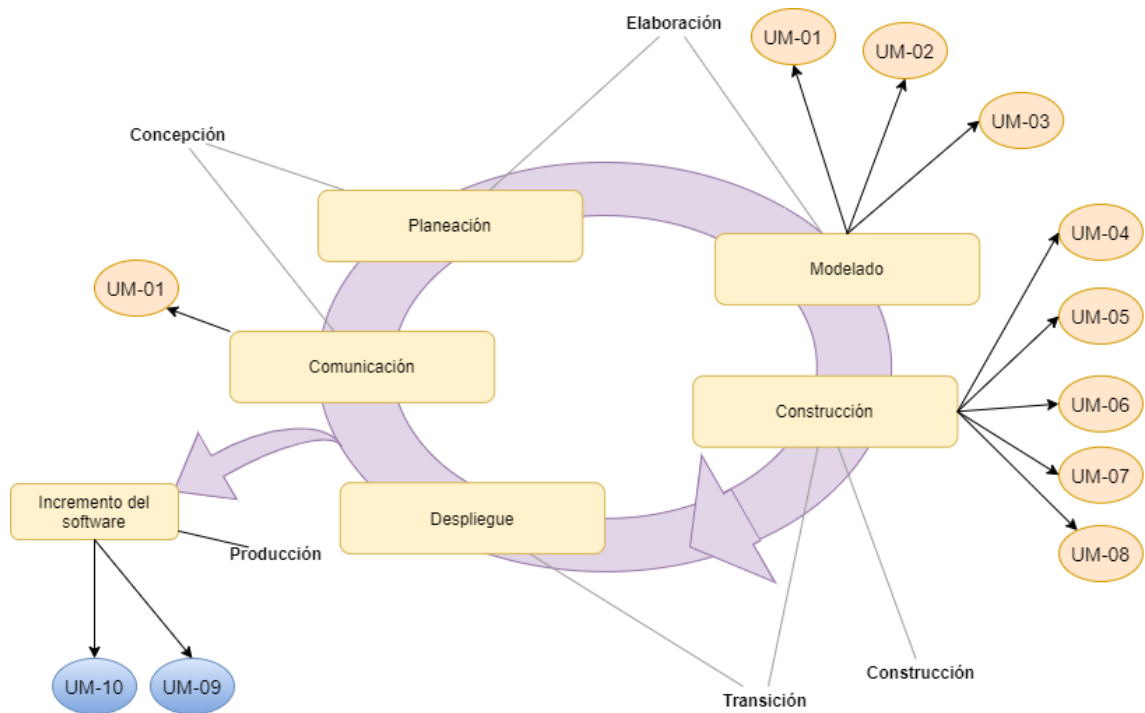


Ilustración 14 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo de RUP.

Fuente: Adaptación de la figura 2.9 de Pressman [37, p. 47].

### 3.2.4 Aplicación de la UOM en el modelo de desarrollo XP

La metodología UOM también se puede aplicar a modelos ágiles de desarrollo como es el caso de XP. La Ilustración 15 muestra la relación entre las fases del modelo XP con las de la UOM. La fase de planeación equivale a la fase de análisis, las fases de diseño, codificación y pruebas son equivalentes incluso en los nombres. La fase de mantenimiento es posterior al modelo XP por lo que se puede obtener las evaluaciones de esta fase luego o durante el Incremento del Software.

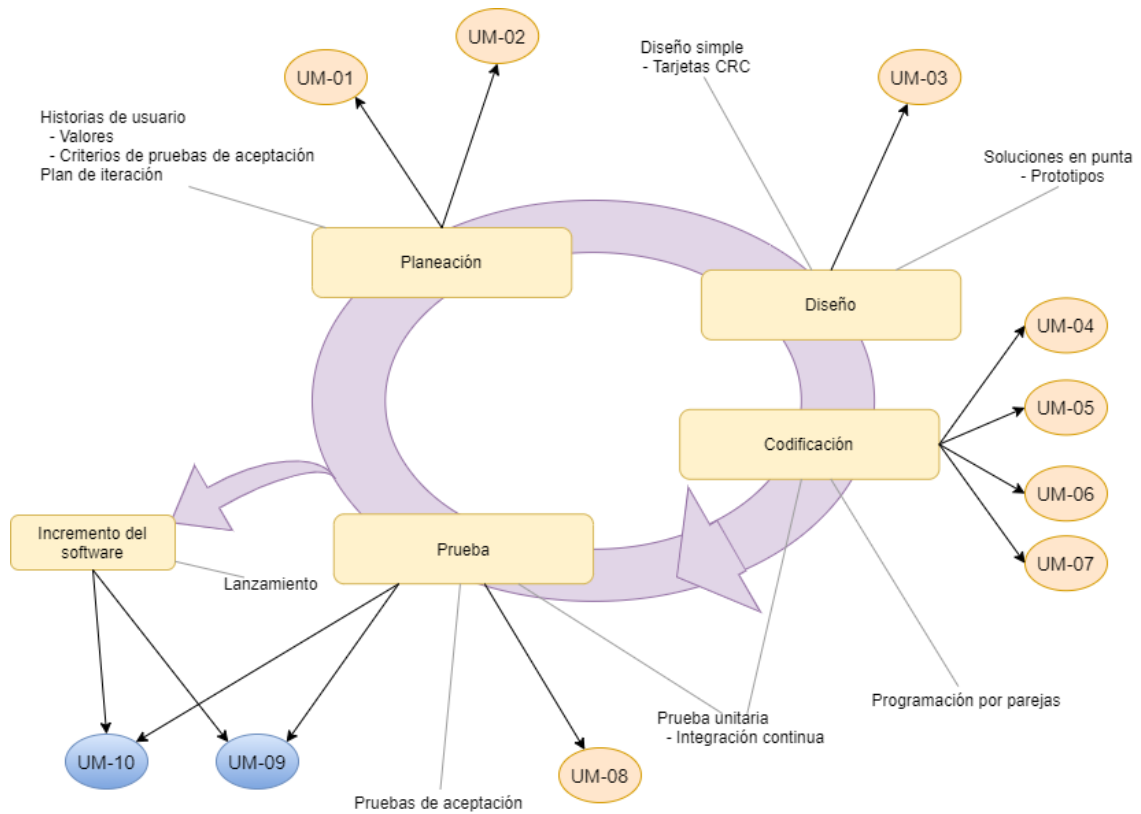
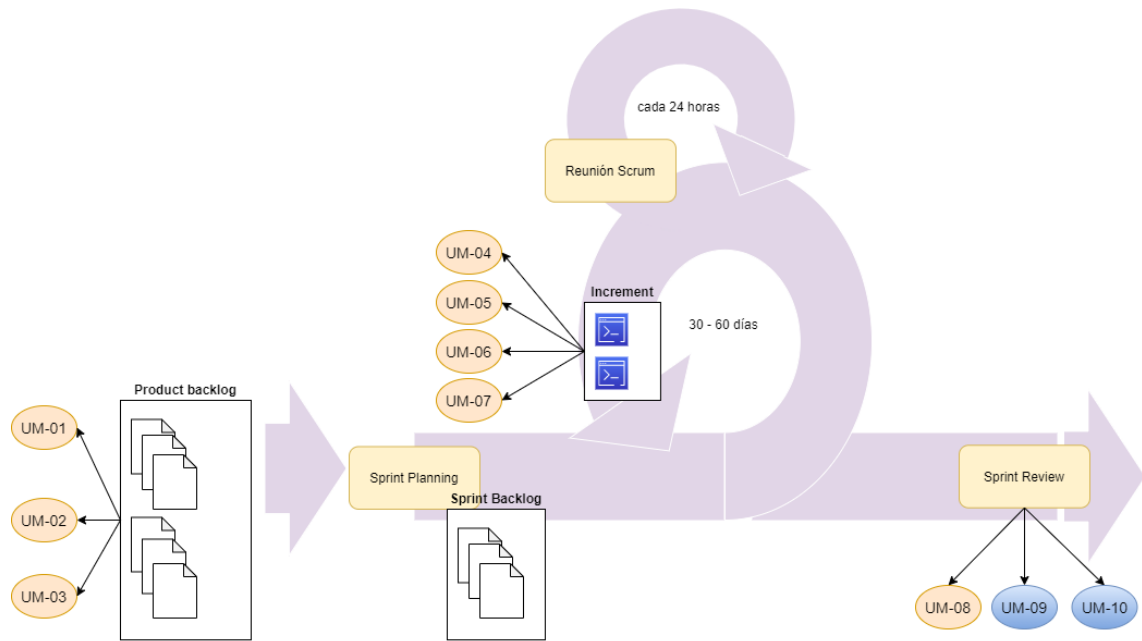


Ilustración 15 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo XP.

Fuente: Adaptación de la figura 3.2 de Pressman [37, p. 62].

### 3.2.5 Aplicación de la UOM en el modelo de desarrollo Scrum

Por último, se presenta la aplicación de la UOM en el modelo *Scrum*. Las UM correspondientes a las fases de análisis y diseño deberán ser obtenidas en la toma de requisitos, es decir cuando se agregan requerimientos al *Product backlog*. Las UM que corresponden a la fase de codificación deberán ser tomadas a la entrega de los incrementos. En el *Sprint Review* se deberán obtener las medidas de la fase de pruebas y mantenimiento.



*Ilustración 16 Diagrama de aplicación de UOM en el modelo de Scrum.*

*Fuente: Adaptación de la figura 3.4 de Pressman [37, p. 70].*

En este capítulo se describe la metodología para la evaluación de la usabilidad que se elaboró, la cual está formada por medidas de usabilidad denominadas UM. Además, se indicó cómo la metodología desarrollada puede ser utilizada en los modelos de desarrollo tradicionales.



## Capítulo 4. Discusión de los resultados

En el presente capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos en la evaluación de la metodología. También se realiza una comparación con algunas de las metodologías para la evaluación de la usabilidad.

### 4.1 Resultados de la evaluación de la metodología

La metodología fue evaluada por un grupo de expertos en usabilidad. El método *Delphi* fue utilizado para realizar la evaluación y el instrumento fue un cuestionario en línea con el cual se pedía la evaluación de la pertinencia, de la claridad y una evaluación general de la metodología. Además, se recolectaron observaciones de los expertos sobre la misma. A continuación, se realiza el análisis de los resultados en cada área evaluada.

#### 4.1.1 Resultados de la evaluación de la pertinencia

Los resultados la primera revisión dieron como válida la pertinencia de UM-01 para las subcaracterísticas Capacidad para reconocer su adecuación, Capacidad de aprendizaje y Capacidad para ser usado. Se descartaron las afirmaciones de que la UM-01 era pertinente para evaluar Protección contra errores y Accesibilidad, ya que el rango mínimo de confiabilidad, según el método *score*, estaba por debajo del valor mínimo de validez de la V de Aiken de 0,5 (ver Tabla 15). Por lo tanto, en la segunda iteración de la evaluación ya no se enviaron las afirmaciones descartadas. Los resultados de la segunda evaluación confirmaron la validez de la UM-01 para medir Capacidad para reconocer su adecuación, Capacidad de aprendizaje y Capacidad para ser usado en donde la confiabilidad de los resultados mejoró.

Tabla 15: Evaluación de la pertinencia para la UM-01

<b>La UM-01, Existencia de Diagramas de procesos, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad para reconocer su adecuación</b>	0,86	1	0,83	0,99
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	0,70	0,96	0,75	0,96
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,59	0,91	0,75	0,96
<b>Protección contra errores</b>	0,40	0,80	--	--
<b>Accesibilidad</b>	0,47	0,82	--	--

En la evaluación de la UM-02 los resultados validaron la pertinencia para evaluar Capacidad para reconocer su adecuación, Capacidad de aprendizaje y Capacidad para ser usado. Para la segunda iteración de la evaluación se descartaron las afirmaciones de que esta medida de usabilidad era pertinente para evaluar Protección contra errores y Accesibilidad debido a los valores obtenidos en la primera iteración (ver Tabla 16) que estaban por debajo del valor de 0,5 de validez propuesto por Aiken.

Tabla 16: Evaluación de la pertinencia de la UM-02

<b>La UM-02, Existencia de especificación de casos de usos o Historias de usuario, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad para reconocer su adecuación</b>	0,80	0,99	0,71	0,94
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	0,80	0,99	0,62	0,88
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,75	0,98	0,85	0,99
<b>Protección contra errores</b>	0,47	0,82	--	--
<b>Accesibilidad</b>	0,39	0,75	--	--

La UM-03 confirmó su pertinencia para las características Capacidad para reconocer su adecuación, Capacidad de aprendizaje, Capacidad para ser usado y Estética de la interfaz de usuario en las dos iteraciones. En ninguna de las iteraciones de la evaluación los rangos de resultados estuvieron por debajo del valor mínimo de validez. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 17.

*Tabla 17: Evaluación de la pertinencia de la UM-03*

<b>La UM-03, Prototipos aceptados, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad para reconocer su adecuación</b>	0,80	0,99	0,62	0,88
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	0,75	0,98	0,65	0,91
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,80	0,99	0,75	0,96
<b>Estética de la interfaz del usuario</b>	0,75	0,98	0,85	0,99

La pertinencia de UM-04 para evaluar la Protección contra errores del usuario fue aceptada en las dos iteraciones. Los resultados de la evaluación para la UM-04 se presentan en la Tabla 18.

*Tabla 18: Evaluación de la pertinencia de la UM-04*

<b>La UM-04, Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Protección contra errores del usuario</b>	0,80	0,99	0,79	0,97

La pertinencia de la UM-05 para evaluar la Capacidad para ser usado fue confirmada en las dos iteraciones. En la Tabla 19 se presentan los resultados de la evaluación de la UM-05.

*Tabla 19: Evaluación de la pertinencia de la UM-05*

<b>La UM-05, Interfaces de usuario con botón retorno, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,64	0,93	0,79	0,97

Se confirmó en las dos iteraciones la pertinencia de la UM-06 para evaluar Capacidad para reconocer su adecuación, Capacidad de aprendizaje y Capacidad para ser usado. Se pueden observar los resultados en la Tabla 20.

*Tabla 20: Evaluación de la pertinencia de la UM-06*

<b>La UM-06, Interfaces que respetan el lenguaje del negocio, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad para reconocer su adecuación</b>	0,64	0,93	0,59	0,86
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	0,64	0,93	0,79	0,97
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,75	0,98	0,75	0,96

En las dos iteraciones de la evaluación se confirmó la pertinencia de la UM-07 para evaluar Capacidad de aprendizaje, Capacidad para ser usado y Accesibilidad. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21: Evaluación de la pertinencia de la UM-07

<b>La UM-07, Aceleradores para acciones principales, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	0,59	0,91	0,68	0,92
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,75	0,98	0,85	0,99
<b>Accesibilidad</b>	0,70	0,96	0,85	0,99

En la evaluación de la UM-08 se constató la pertinencia de esta medida de usabilidad para Capacidad para reconocer su adecuación, Capacidad de aprendizaje y Capacidad para ser usado. Se descartó la afirmación de que UM-08 era pertinente para evaluar la Accesibilidad. Los resultados se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22: Evaluación de la pertinencia de la UM-08

<b>La UM-08 Tareas cumplidas, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad para reconocer su adecuación</b>	0,59	0,91	0,79	0,97
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	0,59	0,91	0,79	0,97
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,59	0,91	0,79	0,97
<b>Accesibilidad</b>	0,43	0,79	--	--

La evaluación de la UM-09 confirmó la afirmación de que es pertinente para evaluar todas las subcaracterísticas de usabilidad. Los resultados se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23: Evaluación de la pertinencia de la UM-09

<b>La UM-09 Resultado de la evaluación heurística, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad para reconocer su adecuación</b>	0,64	0,93	0,71	0,94
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	0,59	0,91	0,71	0,94
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,64	0,93	0,75	0,96
<b>Protección contra errores</b>	0,75	0,98	0,85	0,99
<b>Estética de la interfaz de usuario</b>	0,70	0,96	0,71	0,94
<b>Accesibilidad</b>	0,59	0,91	0,71	0,94

En la evaluación de la UM-10 los jueces estuvieron de acuerdo en que esta es pertinente para medir todas las subcaracterísticas de usabilidad. Los resultados se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24: Evaluación de la pertinencia de la UM-10

<b>La UM-10 Resultado de la encuesta de usabilidad, es pertinente para evaluar:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Capacidad para reconocer su adecuación</b>	0,64	0,93	0,62	0,88
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	0,75	0,98	0,65	0,91
<b>Capacidad para ser usado</b>	0,86	1,00	0,85	0,99
<b>Protección contra errores</b>	0,75	0,98	0,75	0,96
<b>Estética de la interfaz de usuario</b>	0,70	0,96	0,71	0,94
<b>Accesibilidad</b>	0,64	0,93	0,83	0,99

#### 4.1.2 Resultados de la evaluación de la claridad de las UM

La evaluación de la claridad indicó que las diez UM son claras. Sin embargo, se revisó la redacción de las UM 06, 07 y 08 debido a que sus valores obtenidos con la V de Aiken fueron los más bajos y los valores mínimos del rango de confiabilidad se acercaron al valor mínimo de validez. La Tabla 25 presenta los resultados de la evaluación de la claridad en donde se aprecia que los resultados de las medidas UM-06, UM-07 y UM-08 mejoraron luego de revisar su redacción.

Tabla 25: Resultados de la evaluación de la claridad de las UM

<b>Califique la claridad de las diez Medidas de Usabilidad (UM):</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>UM-01: Existencia de Diagramas de procesos</b>	0,80	0,99	0,83	0,99
<b>UM-02: Existencia de especificación de casos de usos o Historias de usuario</b>	0,80	0,99	0,79	0,97
<b>UM-03: Prototipos aceptados</b>	0,70	0,96	0,83	0,99
<b>UM-04: Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo</b>	0,64	0,93	0,79	0,97
<b>UM-05: Interfaces de usuario con botón retorno</b>	0,64	0,93	0,83	0,99
<b>UM-06: Interfaces que respetan el lenguaje del negocio</b>	0,59	0,91	0,71	0,94
<b>UM-07: Aceleradores para acciones principales</b>	0,59	0,91	0,75	0,96
<b>UM-08: Tareas cumplidas</b>	0,55	0,88	0,79	0,97
<b>UM-09: Número de heurísticas irrespetadas</b>	0,75	0,98	0,68	0,92
<b>UM-10: Resultados de encuesta de usabilidad</b>	0,80	0,99	0,83	0,99

#### 4.1.3 Resultados de la evaluación general de la metodología

A través de las preguntas para una evaluación general, los expertos se mostraron de acuerdo en: (i) que UOM se puede aplicar a cualquier metodología de desarrollo, (ii) que

la distribución de las técnicas en las fases del ciclo de desarrollo, (iii) que se puede obtener un promedio de usabilidad de un producto utilizando los valores de la UM-01 a la UM-08 y (iv) que es factible de implementar la metodología propuesta en un equipo de desarrollo. Los resultados se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26: Resultados de la evaluación general de la Metodología UOM

<b>Calificaciones de la evaluación general de la Metodología UOM:</b>				
	<b>Primera iteración</b>		<b>Segunda iteración</b>	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Las fases del ciclo de vida del producto de software son aplicables a cualquier metodología de desarrollo.</b>	0,75	0,98	0,79	0,97
<b>Las técnicas están correctamente distribuidas en las fases del ciclo de desarrollo.</b>	0,59	0,91	0,79	0,97
<b>El promedio obtenido de las medidas de la uno a la ocho representa un valor de usabilidad del producto.</b>	0,55	0,88	0,71	0,94
<b>Es factible implementar esta metodología en un equipo de desarrollo.</b>	0,64	0,93	0,75	0,96

#### 4.1.4 Análisis de los comentarios de los usuarios sobre la metodología.

El cuestionario también incluyó una sección para que los expertos puedan presentar sus comentarios. Entre los más relevantes encontramos que se solicitó la incorporación de un apartado con referencias a los conceptos de SWEBOK, ISO/IEEE 25021, ISO/IEEE 25010 y a las 10 heurísticas de Nielsen. Se tomó en cuenta esta recomendación por lo que en el documento de la Metodología se agregó una sección de referencias en donde se listaron las referencias bibliográficas con sus respectivos enlaces a las Normas ISO/IEC 25000, a las Heurísticas de Nielsen, al SWEBOK y a la obra de Pressman de donde se basaron los gráficos sobre las metodologías de desarrollo.

Otro de los expertos sugirió incluir una técnica para conocer al usuario, como por ejemplo la técnica Personas. Estas técnicas pueden ser aplicadas durante la fase de análisis de requisitos. Por eso la UOM propone las entrevistas a los usuarios, reuniones



y aprobación de prototipos en donde se pueden utilizar técnicas como la de Personas o *Design Thinking*. Además, el experto indica que falta incluir patrones de usabilidad, como, por ejemplo, deshacer y retroalimentación. Las propuestas sobre deshacer y retroalimentación sí deberían ser incluidas en una nueva versión de la Metodología junto con una revisión de otros patrones de usabilidad.

Otro experto solicitó conocer cuál fue el estudio que se realizó para seleccionar las medidas de calidad basadas en la usabilidad en el modelo ISO/IEC 25010 sobre otros estándares, modelos, prototipos. La sustentación de la selección de los métodos y las técnicas se describe en el capítulo dos. Los expertos recibieron el documento resumido que describe la Metodología y que no contaba con la sustentación sobre el uso de las normas. También, este experto sugiere considerar una escala para identificar la calificación del producto, ejemplo (Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo). Se consideró que definir una escala de calificación al momento de crear la metodología no era pertinente. Las investigaciones previas realizadas sugieren que la creación de una escala se debe basar en el análisis de los resultados que se obtengan con el uso de la metodología, obteniendo así un sustento empírico y no una escala arbitraria.

Otro experto también sugiere el estudio en trabajos futuros sobre la aseveración con respecto a que la usabilidad mantiene relación con la experiencia de usuario. La relación entre la usabilidad y la experiencia de usuario es un tema de investigación activo en el desarrollo de sistemas informáticos y los resultados que entrega esta metodología podrán ser utilizados para futuras investigaciones en este campo.

Uno de los expertos encuentra que las fases de UOM por sí mismas pueden ser empleadas como una metodología de desarrollo y que esta puede ser utilizada como un punto de partida para la adopción de una metodología más formal. Esto es posible ya que las fases se establecieron luego del análisis de las metodologías de desarrollo más aceptadas por la comunidad. De la misma manera, otro experto indica que la metodología se adapta muy bien a las fases del ciclo de desarrollo de software de las metodologías tradicionales y metodologías ágiles. Esto evidencia que la selección de las fases de la metodología es correcta.

Otro experto advierte un riesgo en el uso de la UOM y es el tiempo que se deba agregar al desarrollo. La aplicación de la UOM agregará tiempo al desarrollo, pero ese tiempo será bien invertido porque solucionar errores en las fases tempranas es más eficiente y

barato que repararlos cuando se detectan en el sistema implementado. También se debe tomar en cuenta que la metodología está pensada para Sistemas de Gestión Empresarial en donde se requiere un análisis más detallado y un modelo de desarrollo más formal que el que se puede utilizar para un sitio web o una tienda en línea en donde los requerimientos funcionales son más fáciles y prácticos de recolectar y el modelo de desarrollo puede ser más rápido y ligero.

La evaluación de los expertos corrobora las afirmaciones de que la UOM permite evaluar las subcaracterísticas de usabilidad de la norma ISO/IEC 25010. Así lo demuestran los resultados presentados.

#### **4.2 Aplicación de la metodología en un desarrollo de producto de software.**

Luego de validar la metodología con los expertos, la UOM fue utilizada en el desarrollo del módulo de un sistema ERP que funciona para una universidad de la ciudad de Cuenca – Ecuador. Específicamente se desarrolló el registro de proyectos de servicio comunitario. Para validar los resultados se comparó la calificación de usabilidad obtenida con la metodología con la calificación obtenida a través de una evaluación heurística. Se utilizó la evaluación heurística por ser una técnica probada y aceptada para la evaluación de la usabilidad como se indicó en el capítulo uno. Para comprobar si la aplicación de la UOM mejoró la aceptación del usuario, se realizó una encuesta a los usuarios utilizando el cuestionario USE. En el Anexo 4 se evidencian elementos producidos con la aplicación de la metodología.

##### **4.2.1 Resultados de la evaluación con UOM**

Con la aplicación de UOM, el producto de software obtuvo una calificación general de 0,74. Las medidas que más baja puntuación obtuvieron fueron: (i) UM-07 Aceleradores principales con 0,00 y (ii) UM-03 con prototipos aceptados con 0,40. Las medidas con calificación de 1,00 fueron: (i) UM-01: Existencia de diagramas de procesos, (ii) UM-04: Mensajes de advertencia para operaciones. (iii) UM-05: Interfaces de usuario con botón de retorno y (iv) UM-06: Interfaces que respetan el lenguaje del negocio. La Tabla 27 muestra el detalle de los resultados en donde se presenta por cada medida de usabilidad el nombre de la medida, los valores que se obtuvieron para cada variable y la calificación obtenida. La calificación general de usabilidad, según lo indica la metodología, se obtuvo del promedio de cada valor obtenido en las primeras ocho medidas de usabilidad.

Tabla 27: Resultados de la evaluación de la usabilidad utilizando UOM

UM	Variables	Calificación
<b>UM-01 Existencia de diagramas de procesos</b>	<i>Número de diagramas de procesos aprobados: 1</i> <i>Número de procesos a implementar: 1</i>	1,00
<b>UM-02 Existencia y especificación de casos de uso</b>	<i>Número de casos de uso: 5</i> <i>Número de actividades a implementar: 3</i>	0,60
<b>UM-03 Prototipos aceptados</b>	<i>Prototipos aceptados: 2</i> <i>Total de prototipos: 5</i>	0,40
<b>UM-04 Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo</b>	<i>Número de mensajes de advertencia: 11</i> <i>Número de operaciones de riesgo: 11</i>	1,00
<b>UM-05 Interfaces de usuario con botón de retorno</b>	<i>Número de interfaces con botón de retorno: 27</i> <i>Número de interfaces: 27</i>	1,00
<b>UM-06 Interfaces que respetan el lenguaje del negocio</b>	<i>Interfaces con lenguaje del negocio: 27</i> <i>Total de interfaces: 27</i>	1,00
<b>UM-07 Aceleradores principales</b>	<i>Número de interfaces con aceleradores : 0</i> <i>Número de interfaces: 10</i>	0,00
<b>UM-08 Tareas cumplidas</b>	<i>Número de tareas finalizadas: 10</i> <i>Número de tareas solicitadas: 11</i>	0,91
<b>Calificación de usabilidad del producto:</b>		<b>0,74</b>

Se procedió a promediar los resultados agrupando las UM por las subcaracterísticas de usabilidad que evalúan con el objetivo de tener una calificación por cada subcaracterística de usabilidad de la norma ISO/IEC 25010. La subcaracterística con más baja calificación fue Accesibilidad con un valor de 0,00 seguida de Estética de interfaz de usuario con una calificación de 0,40 y en tercer lugar Capacidad para ser

usado con una calificación de 0,65. Las subcaracterísticas Capacidad para reconocer su adecuación y Capacidad de aprendizaje obtuvieron una calificación de 0,75. La única subcaracterística con puntaje de 1,00 fue Protección contra errores (Ver Tabla 28).

#### 4.2.2 Resultados de la evaluación heurística

Se realizó una evaluación heurística en donde participaron seis expertos con el perfil de desarrolladores de software con más de dos años de experiencia. Estos usuarios encontraron 21 problemas de usabilidad de los cuales siete eran problemas catastróficos, ocho problemas de usabilidad importante y seis problemas menores de usabilidad.

Para la comparación de los métodos de evaluación se procedió a agrupar los resultados de la evaluación heurística por subcaracterística de usabilidad tomando como referencia las relaciones existentes entre las subcaracterísticas y las UM (Ver Tabla 3) y las subcaracterísticas y las heurísticas de Nielsen (Tabla 12). Esta comparación evidenció la relación entre la baja calificación de “Capacidad para ser usado” en la UOM (0,65) y el alto número de problemas de usabilidad detectados en la evaluación heurística (13 de 21) confirmando que puntaje bajo de UOM sirve para detectar problemas de usabilidad. La calificación de cada subcaracterística y el número de problemas de usabilidad detectados se presenta en la Tabla 28.

Esta concordancia de resultados no se dio en “Accesibilidad” que obtuvo una calificación de 0,00 con UOM, sin embargo, la evaluación heurística no detectó más que un problema de usabilidad. Esto probablemente se deba a que los evaluadores expertos no sufrían de ningún problema de accesibilidad por lo que es muy difícil que tomaran en cuenta este aspecto en la evaluación.

*Tabla 28: Promedio de calificación de usabilidad y número de problemas usabilidad detectados*

<b>Subcaracterísticas de usabilidad</b>	<b>Calificación</b>	<b>Número de problemas de usabilidad detectados</b>
Capacidad para reconocer su adecuación	0,75	2
Capacidad de aprendizaje	0,75	3

Capacidad para ser usado	0,65	13
Protección contra errores del usuario	1,00	7
Estética de interfaz de usuario	0,40	2
Accesibilidad	0,00	1

Lo mismo ocurre con la subcaracterística “Estética de interfaz de usuario” en donde, a pesar de tener una calificación de 0,40 solo reportó dos problemas de usabilidad. Esto puede ser resultado de que el módulo desarrollado mantiene los estándares visuales del sistema ERP del cual forma parte. Es decir, a pesar de no haber presentado interfaces para todos los procesos, el equipo de desarrollo respetó el diseño que ya es conocido y aceptado por los expertos quienes también participan en el desarrollo del sistema en otros módulos del mismo ERP.

#### **4.2.3 Resultados del cuestionario de usabilidad**

Luego de realizar la prueba de usuario de tipo pensando en voz alta, que sirvió para obtener el valor de la UM-08, se les pidió a los participantes que contesten el cuestionario de usabilidad USE. La calificación por cada pregunta se obtuvo aplicando la V de Aiken, estos resultados fueron agrupados y promediados por cada dimensión del cuestionario. Como se explicó en el capítulo dos, estas dimensiones coinciden con las del TAM, por lo que se pueden inferir los valores de usabilidad para este modelo de aceptación. La utilidad fue calificada con un 0,89, la facilidad de uso con un 0,83, la facilidad de aprendizaje con un 0,82 y la satisfacción con un 0,85. El cuestionario le dio una calificación promedio de usabilidad de 0,85 lo que evidencia que el sistema tiene una buena aceptación por parte de los usuarios. Si trasladamos los resultados de cada dimensión de la encuesta de usabilidad a sus variables equivalentes en el TAM se puede afirmar que la utilidad percibida del sistema (U) es de 0,89, la facilidad de uso percibida (Eou) es de 0,83 (Ver Tabla 29). Por lo tanto, según el TAM se puede afirmar que la Intención de uso del sistema es alta, es decir, se tiene una buena aceptación por parte del usuario lo que permite demostrar la primera parte de la hipótesis de que una evaluación de la usabilidad durante el ciclo de desarrollo de un producto de software mejorará su aceptación.

Para asegurar la validez de los resultados se obtuvo el intervalo de confianza con el método *score*. Todos los valores mínimos del intervalo de confianza fueron mayores a valor mínimo de validez de la V de Aiken y los valores máximos se quedan entre 0,04 y 0,07 puntos del valor máximo de aceptación lo que indica un alto nivel de aceptación del sistema (Ver Tabla 29).

*Tabla 29 Resultados del cuestionario de usabilidad*

<b>Resultados del cuestionario de usabilidad</b>				
<b>Dimensión</b>	<b>Variable de TAM equivalente</b>	<b>Valor V-AIKEN</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Utilidad</b>	U	0,89	0,71	0,96
<b>Facilidad de Uso</b>	EOU	0,83	0,64	0,93
<b>Facilidad de aprendizaje</b>		0,82	0,63	0,93
<b>Satisfacción</b>		0,85	0,66	0,94
<b>Calificación total:</b>		<b>0,85</b>		

En implementaciones anteriores de funcionalidades en el sistema ERP en el cual se realizó la aplicación de la metodología, los cambios solicitados una vez en producción derivaban en problemas de interfaz y de lógica del sistema. Estos cambios obligaban a regresar a las etapas de diseño y de desarrollo. Sin embargo, en la prueba de usuario que se realizó antes del cuestionario de usabilidad, los usuarios solicitaron un único cambio menor que consistió en mover la posición de un botón. Por lo que el módulo pudo ser implementado fácilmente luego de realizadas las pruebas. Esto demuestra la segunda parte de la hipótesis pues al mantener una evaluación constante de la usabilidad disminuyó el riesgo de una implementación no satisfactoria.

### 4.3 La UOM frente a otras metodologías de evaluación de la usabilidad

Los trabajos previos sobre técnicas de usabilidad encontrados para esta investigación no abordan la construcción de una metodología durante todo el ciclo de desarrollo. Por ejemplo, el trabajo de Quayyum y Abbasi [40] busca mejorar la usabilidad mediante la aplicación de *machine learning* para la priorización de requisitos y hace énfasis en la participación del usuario. Este enfoque es válido para las primeras fases de desarrollo, pero no presenta una manera concreta de medir y controlar que estos requerimientos se cumplan durante las fases desde diseño hasta la entrega del producto. La UOM coincide con Quayyum y Abbasi en la importancia de la toma de requisitos, es por esta razón que las primeras medidas de usabilidad buscan que se definan los procesos y se documenten los requerimientos de los usuarios ya sea en Casos de Uso o en Historias de Usuario. Pero no se detiene en los requisitos, ya que continua la evaluación durante la construcción del producto hasta su entrega.

La revisión de la literatura sobre evaluación de la usabilidad realizada por Paz y Pow presenta los métodos de evaluación más utilizados en el mundo científico. Encuentra que la técnica más utilizada es la de la encuesta con cuestionarios de usabilidad. La Metodología UOM incluye como una de las técnicas las encuestas y sugiere utilizar la encuesta SUS por demostrar ser una encuesta dirigida a las interfaces. Para la evaluación del producto entregado en esta investigación se utilizó la encuesta USE por su equivalencia con las fases del TAM. Sin embargo, no se recomienda su uso en las pruebas de usabilidad ya que los usuarios que contestaron la consideraron muy extensa.

La UOM plantea como una de las medidas de usabilidad la evaluación heurística y recomienda el uso de las heurísticas de Nielsen por ser las de mayor aceptación. En el presente estudio se demostró que las mismas son compatibles con las subcaracterísticas de usabilidad de la norma ISO/IEC 25010. Existen otros conjuntos de heurísticas que se pueden utilizar por ejemplo, Shing y Wesson presentan criterios de usabilidad propios para los sistemas ERP que pueden ser revisados con la Evaluación Heurística [9]. La elección del conjunto de heurísticas puede ser cambiado sin embargo se debe recordar que la mayoría de las heurísticas son basadas en las de Nielsen. Además de que las heurísticas que se utilicen deben demostrar calidad en su elección y evidencia de que tienen más beneficios que las de propósito general.

El trabajo que más se acerca a la metodología UOM es el presentado por Cho et. al [41] en donde se habla de un método para la garantizar la usabilidad en todo el proceso de desarrollo. Pero se centra en las fases alfa y beta de un producto, es decir, en productos ya terminados. La aplicación del método presentado es la más clara de todos los estudios realizados.

En este capítulo se discutieron los resultados obtenidos luego de la evaluación de los usuarios expertos que validaron la metodología. Se presentaron los resultados de la aplicación de la UOM al desarrollo de un producto de software y de la evaluación heurística que demostraron que la metodología UOM puede entregar una evaluación similar a la técnica tradicional. También, el resultado del cuestionario de usabilidad demostró que la evaluación de la metodología durante todo el ciclo de desarrollo permitió que el producto de software entregado tenga una alta aceptación por parte del usuario.



## CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente investigación validó la hipótesis de que si se realiza una evaluación de usabilidad durante el ciclo de desarrollo de un SGE se obtendrá un producto con mayor aceptación por parte del usuario que disminuya el riesgo de una implementación no satisfactoria. El resultado del cuestionario de usabilidad demuestra que se lograron cubrir las variables del TAM lo cual indica que el sistema tendrá una buena aceptación.

Se creó una metodología para la evaluación de la usabilidad a la que se la denominó *Usability Oriented Methodology* (UOM) la evaluación por parte de expertos en usabilidad permitió validar la metodología propuesta. Esta metodología demuestra que es posible realizar una evaluación de la usabilidad de un producto en todas las fases del ciclo de desarrollo del software.

Una vez validada la metodología, se la aplicó al desarrollo de un producto de software. Los resultados de evaluar este producto con UOM fueron contrastados con los resultados de una evaluación heurística en donde se encontró una relación entre el número de problemas de usabilidad y la calificación en la subcaracterística de usabilidad Capacidad para ser usado. No así en las subcaracterísticas “Estética de interfaz de usuario” y “Accesibilidad”. Es importante verificar si estos resultados se mantienen aplicando en un futuro la metodología al desarrollo de nuevos productos de software.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más evaluaciones que permitan validar la metodología propuesta y verificar su adaptación a las metodologías de desarrollo y a los equipos de desarrollo.

Es recomendable que los equipos de desarrollo apliquen técnicas para la evaluación de la usabilidad desde las primeras etapas de desarrollo hasta la entrega del producto. Esta investigación ha demostrado que cuidar la usabilidad es un factor que influye en la aceptación de un sistema.

Se sugiere la aplicación de la UOM en el desarrollo de productos de software. Se demostró que su aplicación permite obtener una calificación de usabilidad válida y que puede ayudar a detectar problemas antes de lanzar el producto. La metodología deja en libertad al equipo de desarrollo para la aplicación de las técnicas. Además de permitir eliminar las medidas de usabilidad que se consideren innecesarias en desarrollos particulares pudiendo adaptarse así a cualquier modelo de desarrollo.

Es importante retomar el estudio de los patrones de usabilidad para buscar su integración en esta metodología o en cualquiera que busque evaluar la usabilidad. Otro tema de estudio que se puede derivar como línea futura de investigación es la relación entre la usabilidad y la experiencia del usuario. Para este estudio, la UOM es una herramienta útil que permitirá obtener valores cualitativos de la usabilidad de un producto.

La UOM está pensada para el desarrollo de sistemas de gestión empresarial. Sin embargo, sería interesante aplicarla a otros tipos de sistemas y estudiar su aplicación. También se sugiere replicar la presente investigación para crear metodologías que permitan evaluar otras características de calidad del software.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] B. M Scholtz, I. Mahmud, y Ramayah, “Does usability matter? An analysis of the impact of usability on technology acceptance in ERP settings”, *Interdiscip. J. Inf. Knowl. Manag.*, vol. 11, pp. 309–330, 2016.
- [2] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, “Encuesta estructural empresarial”, *Ecuador en cifras*, abr-2020. [En línea]. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Encuesta\\_Estructural\\_Empresarial/2018/2016\\_2017\\_2018\\_MODULO\\_TIC.zip](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Estructural_Empresarial/2018/2016_2017_2018_MODULO_TIC.zip). [Consultado: 26-jun-2020].
- [3] Organización de Naciones Unidas - ONU, “Crecimiento económico - Desarrollo sostenible”, *Objetivos de desarrollo sostenible*, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>. [Consultado: 27-jun-2020].
- [4] A. Suzianti y G. Arrafah, “User Interface Redesign of Dental Clinic ERP System using Design Thinking: A Case Study”, en *Proceedings of the 2019 5th International Conference on Industrial and Business Engineering*, Hong Kong, Hong Kong, 2019, pp. 193–197.
- [5] E. Yassien, R. Masa'deh, M. Mufleh, A. Alrowwad, y R. Masa'deh, “The Impact of ERP System's Usability on Enterprise Resource Planning Project Implementation Success via the Mediating Role of User Satisfaction”, *Journal of Management Research*, vol. 9, núm. 3, pp. 49–71, jun. 2017.
- [6] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades 2017, “Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida”. 2017.
- [7] D. Dowding y J. A. Merrill, “The development of heuristics for evaluation of dashboard visualizations”, *Appl. Clin. Inform.*, vol. 9, núm. 3, pp. 511–518, jul. 2018.
- [8] R. Davis, J. Gardner, y R. Schnall, “A Review of Usability Evaluation Methods and Their Use for Testing eHealth HIV Interventions”, *Curr. HIV/AIDS Rep.*, vol. 17, núm. 3, pp. 203–218, jun. 2020.
- [9] A. Singh y J. Wesson, “Evaluation criteria for assessing the usability of ERP systems”, en *Proceedings of the 2009 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists*, Vanderbijlpark, Emfuleni, South Africa, 2009, pp. 87–95.
- [10] I. Grubisic, “ERP in clouds or still below”, *Journal of Systems and Information Technology*, vol. 16, núm. 1, pp. 62–76, ene. 2014.
- [11] J. Valdebenito y A. Quelopana, “Understanding the landscape of research in Enterprise Resource Planning (ERP) systems adoption”, en *Proceedings of the*

2018 *International Conference on Computers in Management and Business*, Oxford, United Kingdom, 2018, pp. 35–39.

- [12] S. J. Shim y M. K. Shim, “How user perceptions of SAP ERP system change with system experience”, en *Proceedings of the First International Conference on Data Science, E-learning and Information Systems*, Madrid, Spain, 2018, pp. 1–4.
- [13] B. Scholtz, M. Kapeso, y R. de Villiers, “The Usefulness and Ease of Use of a Mobile Simulation Application for Learning of ERP Systems”, *SACJ*, vol. 29, núm. 2, oct. 2017.
- [14] S. T. Alanazi, M. Akour, M. Anbar, y A. Alsadoun, “Enterprise Resource Planning Quality Model ERPQM”, en *2019 First International Conference of Intelligent Computing and Engineering (ICOICE)*, 2019, pp. 1–5.
- [15] K. Kous, M. Pušnik, M. Heričko, y G. Polančič, “Usability evaluation of a library website with different end user groups”, *Journal of Librarianship and Information Science*, vol. 52, núm. 1, pp. 75–90, mar. 2020.
- [16] J. Estdale y E. Georgiadou, “Applying the ISO/IEC 25010 Quality Models to Software Product: 25th European Conference, EuroSPI 2018, Bilbao, Spain, September 5-7, 2018, Proceedings”, en *Systems, Software and Services Process Improvement*, unknown, 2018, pp. 492–503.
- [17] N. Marangunić y A. Granić, “Technology acceptance model: a literature review from 1986 to 2013”, *Univers. access inf. soc.*, vol. 14, núm. 1, pp. 81–95, mar. 2015.
- [18] F. D. Davis, R. P. Bagozzi, y P. R. Warshaw, “User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models”, *Manage. Sci.*, vol. 35, núm. 8, pp. 982–1003, ago. 1989.
- [19] A. J. Lazard y A. J. King, “Objective Design to Subjective Evaluations: Connecting Visual Complexity to Aesthetic and Usability Assessments of eHealth”, *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 36, núm. 1, pp. 95–104, ene. 2020.
- [20] D. Hariyanto, M. B. Triyono, y T. Koehler, “Usability evaluation of personalized adaptive e-learning system using USE questionnaire”, *Knowledge Management and E-Learning*, vol. 12, núm. 1, pp. 85–105, mar. 2020.
- [21] J. M. Silvennoinen y J. P. P. Jokinen, “Appraisals of Salient Visual Elements in Web Page Design”, *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2016, pp. 1–14, 2016.
- [22] R. Nagpal, D. Mehrotra, y P. K. Bhatia, “Usability evaluation of website using combined weighted method: fuzzy AHP and entropy approach”, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 7, núm. 4, pp. 408–417, dic. 2016.
- [23] M. Nitsch, T. Adamcik, S. Kuso, M. Zeiler, y K. Waldherr, “Usability and Engagement Evaluation of an Unguided Online Program for Promoting a Healthy Lifestyle and Reducing the Risk for Eating Disorders and Obesity in the School Setting”, *Nutrients*, vol. 11, núm. 4, mar. 2019.

- [24] M.-K. Chang, W. Cheung, C.-H. Cheng, y J. H. Y. Yeung, "Understanding ERP system adoption from the user's perspective", *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 113, núm. 2, pp. 928–942, jun. 2008.
- [25] J. Grigera, A. Garrido, P. Zaraté, G. Camilleri, y A. Fernández, "A Mixed Usability Evaluation on a Multi Criteria Group Decision Support System in Agriculture", en *Proceedings of the XIX International Conference on Human Computer Interaction*, Palma, Spain, 2018, pp. 1–4.
- [26] L. Watbled, R. Marcilly, S. Guerlinger, J.-M. C. Bastien, M.-C. Beuscart-Zépher, y R. Beuscart, "Combining usability evaluations to highlight the chain that leads from usability flaws to usage problems and then negative outcomes", *J. Biomed. Inform.*, vol. 78, pp. 12–23, feb. 2018.
- [27] F. Paz y J. A. Pow-Sang, "Usability evaluation methods for software development: A systematic mapping review", en *2015 8th International Conference on Advanced Software Engineering & Its Applications (ASEA)*, Jeju, 2015.
- [28] F. Paz, F. A. Paz, D. Villanueva, y J. A. Pow-Sang, "Heuristic Evaluation as a Complement to Usability Testing: A Case Study in Web Domain", en *2015 12th International Conference on Information Technology - New Generations*, 2015, pp. 546–551.
- [29] J. Nielsen, "How to conduct a heuristic evaluation", *Nielsen Norman Group*, vol. 1, pp. 1–8, 1995.
- [30] H. M. Salman, W. F. W. Ahmad, y S. Sulaiman, "Usability Evaluation of the Smartphone User Interface in Supporting Elderly Users From Experts' Perspective", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 22578–22591, 2018.
- [31] K. Omar, B. Rapp, y J. M. Gómez, "Heuristic evaluation checklist for mobile ERP user interfaces", en *2016 7th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, 2016, pp. 180–185.
- [32] A. Sivaji, S. Soo, y M. R. Abdullah, "Enhancing the Effectiveness of Usability Evaluation by Automated Heuristic Evaluation System", en *2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*, 2011, pp. 48–53.
- [33] R. Hernandez Sampieri, *Metodología de La Investigacion*. McGraw-Hill Companies, 2006.
- [34] M. Varela-Ruiz, L. Díaz-Bravo, y R. García-Durán, "Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud", *Investigación en educación médica*, vol. 1, núm. 2, pp. 90–95, 2012.
- [35] R. D. Penfield y P. R. Giacobbi Jr, "Applying a score confidence interval to aiken's item content-relevance index", *Meas. Phys. Educ. Exerc. Sci.*, vol. 8, núm. 4, pp. 213–225, dic. 2004.

- [36] C. M. Soto y J. L. Segovia, "Intervalos de confianza asimétricos para el índice la validez de contenido: Un programa Visual Basic para la V de Aiken", *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, vol. 25, núm. 1, pp. 169–171, 2009.
- [37] R. S. Pressman, *Ingeniería del software: Un enfoque práctico*, 7ma. Edición. McGrawHill.
- [38] E. P. Bourque and R. E. Fairley, *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. IEEE Computer Society, 2014.
- [39] ISO/IEC, "Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Quality measure elements", 2012.
- [40] S. Qayyum y A. Abbasi, "Framework to Enhance ERP Usability by Machine Learning Based Requirements Prioritization", *JSW*, vol. 12, núm. 8, pp. 664–670, ago. 2017.
- [41] H. Cho, P.-Y. Yen, D. Dowding, J. A. Merrill, y R. Schnall, "A multi-level usability evaluation of mobile health applications: A case study", *J. Biomed. Inform.*, vol. 86, pp. 79–89, oct. 2018.

## ANEXOS

**Anexo 1. Preguntas del cuestionario presentado a los expertos para la evaluación de la pertinencia.**

1. La UM-01, <b>Existencia de Diagramas de procesos</b> , es pertinente para evaluar:	1	2	3	4	5
Capacidad para reconocer su adecuación					
Capacidad de aprendizaje					
Capacidad para ser usado					
Protección contra errores					
Accesibilidad					
2. La UM-02, <b>Existencia de especificación de casos de usos o Historias de usuario</b> , es pertinente para evaluar:					
Capacidad para reconocer su adecuación					
Capacidad de aprendizaje					
Capacidad para ser usado					
Protección contra errores					
Accesibilidad					
3. La UM-03, <b>Prototipos aceptados</b> , es pertinente para evaluar:					
Capacidad para reconocer su adecuación					
Capacidad de aprendizaje					
Capacidad para ser usado					
Estética de la interfaz del usuario					
4. La UM-04, <b>Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo</b> , es pertinente para evaluar					
Protección contra errores del usuario					
Capacidad para ser usado					



5. La UM-05, **Interfaces de usuario con botón de retorno**, es pertinente para evaluar:

Capacidad para ser usado

6. La UM-06, **Interfaces que respetan el lenguaje del negocio**, es pertinente para evaluar

Capacidad para reconocer su adecuación

Capacidad de aprendizaje

Capacidad para ser usado

7. La UM07, **Aceleradores para acciones principales**, es pertinente para evaluar:

Capacidad de aprendizaje

Capacidad para ser usado

Accesibilidad

8. La UM08, **Tareas cumplidas**, es pertinente para evaluar:

Capacidad para reconocer su adecuación

Capacidad de aprendizaje

Capacidad para ser usado

Accesibilidad

9. La UM09, **Número de heurísticas irrespetadas**, es pertinente para evaluar:

Capacidad para reconocer su adecuación

Capacidad de aprendizaje

Capacidad para ser usado

Protección contra errores

Estética de la interfaz de usuario

Accesibilidad

10. La UM-10, **Resultados de encuesta de usabilidad**, es pertinente para evaluar:

Capacidad para reconocer su adecuación

---

Capacidad de aprendizaje

---

Capacidad para ser usado

---

Protección contra errores

---

Estética de la interfaz de usuario

---

Accesibilidad

---

**Anexo 2. Preguntas del cuestionario presentado a los expertos para la evaluación de la claridad.**

<b>Califique la claridad de las diez Medidas de Usabilidad de la Metodología</b>					
	1	2	3	4	5
UM-01: Existencia de Diagramas de procesos					
UM-02: Existencia de especificación de casos de usos o Historias de usuario					
UM-03: Prototipos aceptados					
UM-04: Mensajes de advertencia para operaciones de riesgo					
UM-05: Interfaces de usuario con botón retorno					
UM-06: Interfaces que respetan el lenguaje del negocio					
UM-07: Aceleradores para acciones principales					
UM-08: Tareas cumplidas					
UM-09: Número de heurísticas irrespetadas					
UM-10: Resultados de encuesta de usabilidad					

**Anexo 3. Preguntas del cuestionario presentado a los expertos para la evaluación de la general de la metodología.**

<b>Por favor, emita su nivel de acuerdo o desacuerdo sobre las siguientes afirmaciones:</b>	1	2	3	4	5
Las fases del ciclo de vida del producto de software son aplicables a cualquier metodología de desarrollo.					
Las técnicas están correctamente distribuidas en las fases del ciclo de desarrollo.					
El promedio obtenido de las medidas de la uno a la ocho representa un valor de usabilidad del producto.					
Es factible implementar esta metodología en un equipo de desarrollo.					

**Anexo 4. Evidencia de la aplicación de la metodología al desarrollo del producto de software.**

**Historia de usuario “Validar el registro de asistencias”:**

HISTORIA DE USUARIO	
<b>NOMBRE:</b> Validar el registro de asistencias	
<b>USUARIO:</b> Docente tutor	<b>CÓDIGO DEL GESTOR DE TAREAS:</b>
<b>PRIORIDAD DEL NEGOCIO:</b> ALTA	
<b>TIEMPO ESTIMADO (DÍAS):</b> 8	<b>TIEMPO REAL (DÍAS):</b>
DESCRIPCIÓN DE LA INTERACCIÓN DEL USUARIO	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El docente tutor ingresa al sistema</li> <li>2. En la opción de aprobación de horas se le visualizarán los alumnos a los que tutoriza</li> <li>3. Al seleccionar un alumno, se le presentará el proyecto en el que está participando y un listado de actividades pendientes de aprobación, junto a cada actividad tendrá la opción de ver el registro</li> <li>4. Al seleccionar esta opción se le mostrará la información completa de la actividad (fecha, actividad, detalle, hora inicio, hora fin, o rango de fecha y horas cumplidas) aquí tendrá las opciones de “Aprobar” y “Negar”.</li> <li>5. En caso de negar, debe agregar una justificación.</li> </ol>	
PUNTOS DE CONSULTA	SOLUCIÓN
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿El tutor externo puede editar la aprobación y negación de las horas?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si el docente niega una hora, el estudiante puede modificar y luego el docente puede aprobar la edición realizada</li> <li>2. Si el docente aprueba y luego quiera quitar esa aprobación, se debería solicitar al docente responsable la negación de esa hora</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. ¿Cuánto tiempo tiene acceso al sistema el tutor externo?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La aprobación la va a realizar el docente tutor, no el tutor externo.</li> </ol>
PRE-REQUISITOS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente tutor debe tener alumnos asignados</li> </ul>	
ACCIONES DE RIESGO	MENSAJE DE ADVERTENCIA
Si el docente aprueba una hora no podrá cambiar su estado a negada.	<p><b>Advertencia:</b> Una vez aprobada la actividad esta quedará bloqueada y usted no podrá cambiar su estado.</p> <p>¿Está seguro de que desea aprobar esta actividad?</p>
EXCEPCIONES	MENSAJE AL USUARIO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene alumnos asignados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen alumnos</li> </ul>

## Prototipos

Prototipo del registro de Registro de actividad y horas por estudiante – Editar. Se puede evidenciar el botón de retorno según lo indicado en la Metodología UOM.

Vista previa: Registro de actividad y horas por estudiante  
Gestión Académica

### Registro de actividad - Editar

**Actividad del cronograma:** Socialización del proceso de vinculación con la sociedad.

Fecha y hora | Rango de fechas

**Fecha:** 5 de noviembre de 2020  
**Hora de inicio:** 15:00  
**Hora de fin:** 17:00

**Estado de la actividad**  
Rechazada

El estudiante no se presentó a esta práctica. Por tal razón, no se podrá validar las horas que está registrando.

**Descripción de la actividad:**

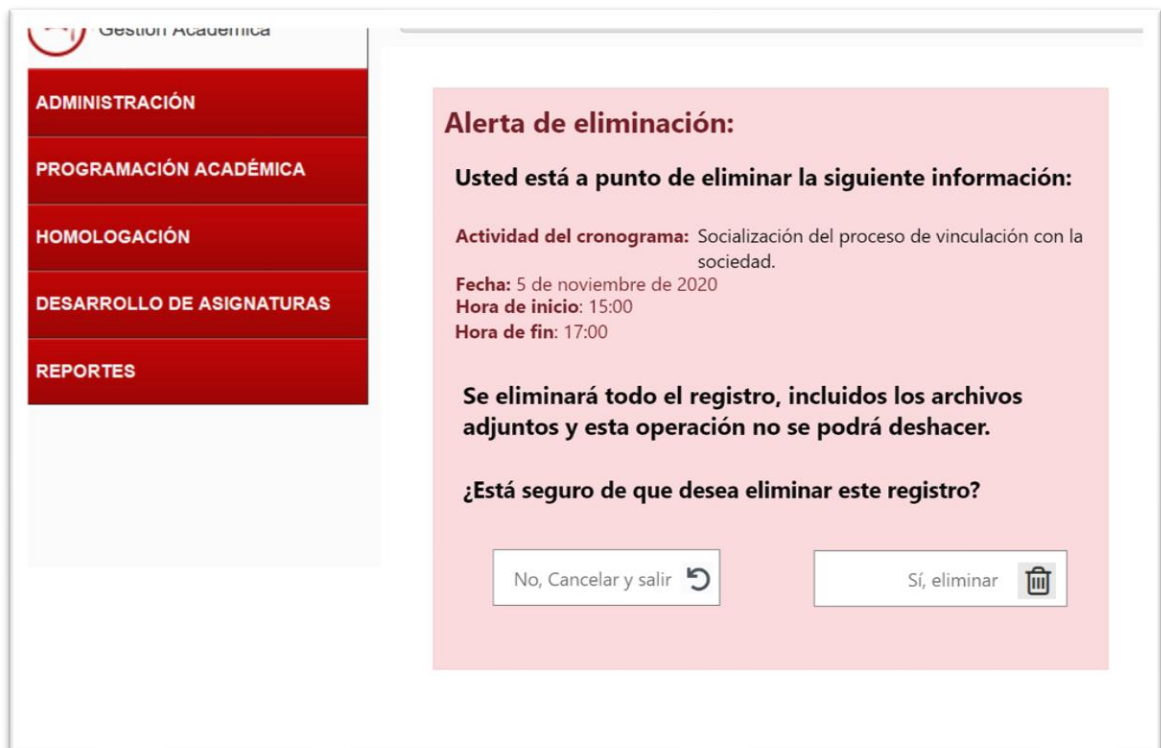
La Mgs. Sandra Zabala, conjuntamente con los encargados del departamento de vinculación de la ciudad de Cuenca, nos dieron a conocer sobre cómo llevar a cabo el proceso de vinculación, y además nos informaron el nombre de la institución educativa con la que se trabajará este proceso, en el cual intervino la Mgs. Ruth Revelo directora del CEI "Dolores Vintimilla de Galindo", para dar a conocer sobre el apoyo que nos brindarán las docentes que laboran en este centro educativo.

**Evidencias:**

Imagen de la reunión.jpg  
Certificado de aprobación del curso.pdf

Cancelar y salir | Guardar

Prototipo de la interfaz para eliminar la actividad. Se demuestra cómo se utilizan los mensajes de advertencia descritos en la Metodología UOM:



## Interfaces del registro de proyectos que fue evaluada por los usuarios:

Interfaz de lista de proyectos por Carrera:

The screenshot shows a web application interface for project management. On the left is a sidebar menu with the following items: 'Minculación', 'MENCULACIÓN', 'Configuración', 'Documentos habilitantes', 'Instituciones', 'Programas', 'Proyectos', and 'Registro de proyectos' (highlighted). The main content area is titled 'PROYECTOS' and includes filters for 'Nivel académico' (set to 'PREGRADO') and 'Carrera' (set to 'ODONTOLOGIA'). Below the filters is a section labeled 'Lista de proyectos' with a green button 'NUEVO PROYECTO +'. A table lists five projects, each with a pencil icon for editing and a trash icon for deletion:

Nombre del Proyecto	Acciones
Juntos por una sonrisa RT.	[Editar] [Eliminar]
Juntos por una sonrisa - FF	[Editar] [Eliminar]
Juntos por una sonrisa CBGG	[Editar] [Eliminar]
Juntos por una sonrisa - PP	[Editar] [Eliminar]
Juntos por una sonrisa I SRR	[Editar] [Eliminar]



## Interfaz de datos del proyecto:

Vinculación

**VINCULACION**

- Configuración
- Documentos habilitantes
- Instituciones
- Programas
- Proyectos
- Registro de proyectos**

### < Datos del proyecto

Nombre del proyecto  
Juntos por una sonrisa RT.

Código

Pertenece al programa  
Promoción y prevención de riesgos nutricionales del niño y su familia en la provincia del Cañar

Tipo de proyecto  
Servicio comunitario

¿Es un microproyecto?

Fecha de Inicio\* 2021-05-12      Fecha de fin programada 2021-05-31      Fecha de fin real

Estado del proyecto  
Planificación

Objetivo  
Este es un proyecto de prueba

Descripción de la actividad I+D

parametroCumplimiento

Fuente de financiamiento      Alcance territorial

**GUARDAR**

## Interfaz de detalle del proyecto:

Vinculación

**INCULCACIÓN**

Configuración

Documentos habilitantes

Instituciones

Programas

Proyectos

Registro de proyectos

### < Detalles del proyecto

#### Director del proyecto

Nombre: CORDERO LOPEZ MARIA AUGUSTA  
Desde: 12 de mayo de 2021

[VER HISTORIAL DE DIRECTORES](#)

#### Carrera responsable

ODONTOLOGIA

#### Líneas de investigación

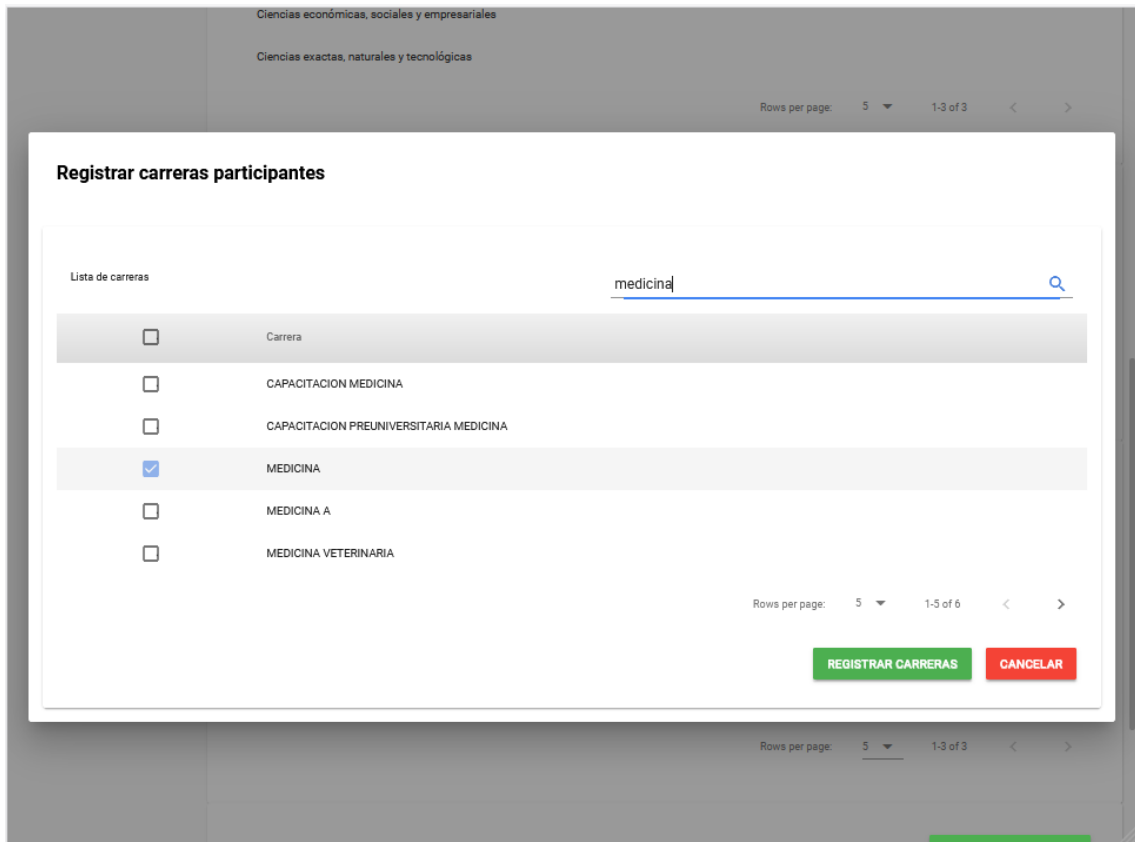
---

Ciencias médicas y de la salud

Ciencias económicas, sociales y empresariales

Ciencias exactas, naturales y tecnológicas

Interfaz de detalle del proyecto con ventana modal para el registro de carreras participantes. Se puede apreciar en color rojo el botón de retorno descrito en la metodología UOM:



Interfaz de datos del proyecto, lista de componentes con actividades registradas:

**Componentes del proyecto** NUEVO COMPONENTE +

**Aplicar el proceso de atención de enfermería a la población en niños de la Provincia de Cañar.**

+ ≡ 🗑️

Entrevista a padres de familia	≡ 🗑️ 📅 🎓 👤
Llenar la historia clínica	≡ 🗑️ 📅 🎓 👤
Seguimiento por visita domiciliaria	≡ 🗑️ 📅 🎓 👤

Rows per page: 5 1-3 of 3 < >

**Proveer de una herramienta informática para el registro de historias clínicas** + ≡ 🗑️

Desarrollo del sistema de gestión de historias clínicas	≡ 🗑️ 📅 🎓 👤
Determinación de requerimientos	≡ 🗑️ 📅 🎓 👤
Diseño del Sistema de gestión de historias clínicas	≡ 🗑️ 📅 🎓 👤
Pruebas e implementación del sistema de historias clínicas	≡ 🗑️ 📅 🎓 👤

Interfaz de eliminación de un componente de investigación. Se puede evidenciar el mensaje de advertencia y el botón de retroceso según lo descrito en la Metodología UOM.

