



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería de Sistemas

**Método para la construcción de interfaces de usuario táctiles
con mecanismos de accesibilidad mediante técnicas de
desarrollo dirigido por modelos**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

Autores:

Pablo Fernando Sinchi Coronel

CI: 0104653233

Correo electrónico: pablo.sinchic@gmail.com

Verónica Gabriela Jimbo Tacuri

CI: 0105201909

Correo electrónico: jveronica199@gmail.com

Tutora:

Ing. Paola Gabriela Pesántez Cabrera, PhD.

CI: 0103232369

Cotutora:

Ing. Irene Priscila Cedillo Orellana, PhD.

CI: 0102615842

Cuenca-Ecuador
14 de septiembre del 2020



RESUMEN

Con el transcurso de los años el uso de la tecnología ha incrementado y ésta ha pasado a ser primordial en la vida cotidiana. Como consecuencia, la mayoría de la población mundial en algún momento es usuario de software. Muchos de estos usuarios forman parte de la población que presenta problemas de accesibilidad, es decir algún impedimento de tipo sensorial, motor o cognitivo que restringe la capacidad para realizar actividades de la vida diaria. La interfaz de usuario es la principal vía de interacción entre los usuarios y el software, esta interacción se realiza por medio de varios dispositivos, pero actualmente el uso de pantallas táctiles ha incrementado significativamente de manera que estas se han vuelto omnipresentes en las aplicaciones industriales, comerciales y de consumo. Tomando en cuenta esta información, es importante priorizar los aspectos de accesibilidad en el desarrollo de interfaces de usuario táctiles, buscando soluciones que permitan adaptar la gran variedad de problemas de accesibilidad que se pueden presentar, sin desperdiciar tiempo y recursos en el desarrollo de las interfaces.

Este trabajo de titulación propone un método para la creación de interfaces táctiles utilizando mecanismos de accesibilidad mediante técnicas de desarrollo dirigido por modelos (MDD – *Model-Driven Development*). Este método, al que hemos denominado MBAUI, permite usar MDD para dar solución a la creación de interfaces táctiles tomando en cuenta las variaciones y combinaciones entre criterios de accesibilidad que se puede obtener al analizar el grado y los tipos de impedimentos de los usuarios. Finalmente, el método es validado empíricamente mediante la ejecución de un cuasi-experimento. Este cuasi-experimento evalúa la percepción del usuario al realizar varias tareas luego de una sesión de entrenamiento.

Palabras claves: Ingeniería de Software, MBAUI, Desarrollo Dirigido por Modelos, Accesibilidad, Interfaz de Usuario táctil.



ABSTRACT

Over the years, the use of technology has increased and has become essential in everyday life. Consequently, most of the world's population has become a software user at some point. Many of these users are part of the population that has accessibility problems, that is, some type of sensory, motor, or cognitive impairment that restricts their ability to perform activities of daily living. Thus, the user interface is the main way of interaction between users and the software, this interaction is carried out through various devices. However, currently, the use of touch screens has increased significantly so that they have become ubiquitous in industrial, commercial, and consumer applications. Taking this information into account, it is important to prioritize accessibility aspects in the development of touch user interfaces, seeking solutions that allow adapting the wide variety of accessibility problems that may arise, without wasting time and resources in the development of the interfaces.

This work proposes a method for the creation of touch interfaces using accessibility mechanisms through model-driven development (MDD) techniques. This method, which has been called MBAUI, allows using MDD to solve the creation of touch interfaces, taking into account the variations and combinations between accessibility criteria that can be obtained by analyzing the degree and types of impairments of the users. Finally, the method is empirically validated through the execution of a quasi-experiment. This quasi-experiment assesses the user's perception of performing various tasks after a training session.

Keywords: Software Engineering, MBAUI, Model Driven Development, Accessibility, Touch User Interface.



CONTENIDO

Capítulo 1.Introducción.....	22
1.1. Motivación y contexto.....	22
1.2. Planteamiento del problema.....	26
1.3. Solución propuesta	28
1.4. Hipótesis y Objetivos.....	28
1.4.1.Hipótesis	28
1.4.2.Objetivos.....	28
1.5. Contexto del proyecto	29
1.6. Tareas de investigación	29
1.7. Estructura del trabajo	32
Capítulo 2.Marco Tecnológico	35
2.1. Interfaces de Usuario	35
2.1.1.Interfaces de pantalla táctil.....	35
2.2. Accesibilidad	37
2.2.1.Estrategias de accesibilidad	39
2.3. Interacción Humano-Computador	43
2.4. Desarrollo dirigido por modelos (MDD)	44
2.4.1.Metodologías MDD	44
2.5. Desarrollo de interfaces de usuario basado en modelos	49
2.6. Tecnología Involucrada.....	51
2.6.1.Marco de desarrollo de modelado Eclipse (EMF).....	51
2.6.2.QVT	51
2.6.3.Acceleo.....	51
Capítulo 3.Estado del arte.....	53
3.1. Método de revisión.....	53



3.1.1. Planificación.....	53
3.1.2. Ejecución de la revisión	57
3.2. Reporte de la revisión	66
3.2.1. Discusión	66
3.2.2. Estudio demográfico	73
Capítulo 4. Método de creación de interfaces de usuario táctiles accesible utilizando MDD...	75
4.1. Definición de SPEM	75
4.2. MBAUI: Model-Based Accessible User Interface.....	76
4.1.1. Fase de Análisis.....	78
4.1.2. Fase de Diseño.....	87
4.1.3. Fase de Código e integración	94
4.1.4. Fase de Evaluación.....	97
Capítulo 5. Construcción de la solución.....	101
5.1. Construcción para tareas	101
5.1.1. Fase de captura de análisis y requerimientos.	101
5.1.2. Fase de diseño	106
5.1.3. Fase de desarrollo	110
5.1.4. Fase de evaluación.....	111
Capítulo 6. Evaluación	116
6.1. Introducción	116
6.2. Modelos teóricos de evaluación en ingeniería de software.....	116
6.2.1. Modelo de Aceptación de Tecnología	116
6.2.2. Modelo de Evaluación de Métodos	117
6.3. Adaptando MEM para su uso en MBAUI.....	119
6.4. Evaluando utilidad percibida del método	124



6.4.1. Definición de objetivos y preguntas de investigación.....	126
6.4.2. Diseño y planificación del cuasi-experimento	127
6.4.3. Recolección de datos y evidencia	137
6.4.4. Análisis de datos.....	138
6.5. Amenazas a la validez	146
6.5.1. Validez interna	146
6.5.2. Validez externa	147
6.5.3. Validez del constructo	148
6.5.4. Validez de la conclusión.....	148
Capítulo 7. Conclusión y trabajos futuros	149
7.1. Conclusiones	149
7.1.1. Objetivo general.....	149
7.1.2. Objetivos específicos	150
7.2. Trabajo futuro.....	153
7.3. Difusión de resultados.....	154
Referencias	155
Apéndices.....	162
1. Apéndice A: Documentos generados en la instanciación del método.....	162
2. Apéndice B: Documentos de la fase de diseño	162
3. Apéndice C: Código fuente de la aplicación	167
4. Apéndice D: Artefactos usados para la evaluación del método	169
5. Apéndice E: Evaluación del método.....	175
6. Apéndice F: Artículos aceptados en conferencias	181
Anexo.....	182
Anexo 1: Primitivas de modelado de SPEM 2.0	182
Glosario de términos	183



INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Artículos de convención sobre los derechos de las personas con discapacidad relacionadas a la tecnología. Fuente: Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (ONU, 2014).	24
Tabla 1.2: Literales del Artículo 16 de la constitución del Ecuador. Fuente: Constitución del Ecuador (Constituyente, 2008).....	25
Tabla 2.1 Fases de MODA TEL. Fuente: Elaboración propia.....	48
Tabla 3.1: Cadena de búsqueda. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 3.2: Criterios de extracción posibles. Fuente: Elaboración propia.	57
Tabla 3.3: Cantidades y porcentajes de estudios por librería. Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 3.4 Cantidades y porcentajes de valores de calidad. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 3.5: Cantidades y porcentajes de estudios clasificados por criterios. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 4.1: Plantilla SRS. Fuente: IEEE 830 (1998).....	83
Tabla 4.2: Plantilla de objetivos. Fuente: (ISO/IEC, 2014).	84
Tabla 4.3: Plantilla de características humanas. Fuente: (ISO/IEC, 2014).Existen diferentes fuentes que abordan los problemas que tienen los usuarios al usar tecnología táctil, el estándar ISO/IEC (2014) proporciona algunas indicaciones de interacción que puede enfrentar el usuario al usar la función táctil.	84
Tabla 4.4: Identificación de transformaciones. Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 5.1: Objetivos de usabilidad relacionada a la accesibilidad. Fuente: ISO/IEC (2014).....	103
Tabla 5.2: Características Humanas. Fuente: ISO/IEC (2014).....	103
Tabla 5.3: Criterios de accesibilidad e interacción táctil. Fuente: Elaboración propia.	105



Tabla 5.4: Identificación de transformaciones. Fuente: Elaboración propia.....	108
Tabla 5.5: Métricas y umbrales de atributos. Fuente: Elaboración propia.	112
Tabla 5.6: Pesos de los problemas. Fuente: (Pesántez et al., 2020).....	112
Tabla 5.7: Reporte de accesibilidad. Fuente: Elaboración propia.....	114
Tabla 6.1: Cuestionario para medir variables de percepción. Fuente: Elaboración propia.	124
Tabla 6.2: Preguntas abiertas que permiten indicar sugerencias y comentarios. Fuente: Elaboración propia.....	124
Tabla 6.3: Meta del cuasi-experimento de acuerdo al paradigma Goal-Question Metric (GQM). Fuente: Elaboración propia.	126
Tabla 6.4: Variables dependientes basadas en la percepción. Fuente: Elaboración propia.	131
Tabla 6.5: Variables basadas en el rendimiento de interés. Fuente: Elaboración propia.	131
Tabla 6.6: Valores de análisis de percepciones de usuario del cuasi-experimento. Fuente: Elaboración propia.....	140
Tabla 6.7: Valores de estadística descriptiva del análisis de rendimiento para variables basadas en la percepción del Usuario. Fuente: Elaboración propia.....	141
Tabla 6.8: Niveles de significancia. Fuente: Moody (2001)	141
Tabla 6.9: Regresión entre Eficiencia y Facilidad de Uso Percibida. Fuente: Elaboración propia.	142
Tabla 6.10: Regresión entre Efectividad y Utilidad Percibida. Fuente: Elaboración propia.	143
Tabla 6.11: Regresión entre Facilidad de Uso Percibida y Utilidad Percibida. Fuente: Elaboración propia.....	143



Tabla 6.12: Regresión entre Utilidad Percibida e Intención de Uso. Fuente: Elaboración propia. 144

Tabla 6.13: Regresión entre Intención de Uso y Facilidad de Uso Percibida. Fuente: Elaboración propia. 144

Tabla 6.14: Resumen de los resultados del análisis. Fuente: Elaboración propia. 145



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Metodología de la investigación. Fuente: (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).	30
Figura 1.2: Estructura del trabajo de titulación. Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 4.1: MBAUI Fuente: Elaboración propia	77
Figura 4.2: Fase de análisis. Fuente: Elaboración Propia	79
Figura 4.3: Fase de diseño. Fuente: Elaboración Propia	87
Figura 4.4:Fase de desarrollo. Fuente: Elaboración propia.	95
Figura 4.5: Fase de evaluación. Fuente: Elaboración propia	98
Figura 5.1 Modelo PIM Fuente: Elaboración propia.	109
Figura 5.2 Modelo PSM. Fuente: Elaboración propia.	109
Figura 5.3. Interfaz generada: Fuente: Elaboración propia.	110
Figura 6.1: TAM simplificado (F. Davis, 1986)	117
Figura 6.2: Modelo MEM. Fuente: (Moody, 2003)	118
Figura 6.3: Distribución de preguntas del cuestionario, Fuente. Elaboración propia	121
Figura 6.4: Modelo teórico para la evaluación del método. Fuente: Elaboración propia o Cedillo 2017.	123
Figura 6.5: Descripción del proceso del cuasi-experimento, con entradas y salidas de cada fase.	125
Figura 6.6: Pasos seleccionados para la evaluación. Fuente: Elaboración Propia.	127
Figura 6.7: Relación entre pasos del método y tareas del cuasi-experimento. Fuente: Elaboración propia.	129
Figura 6.8: Sección de inicio de la página web. Fuente: Elaboración propia.	133
Figura 6.9: Pasos a seguir en el entrenamiento, sección Entrenamiento de la página web. Fuente: Elaboración propia.	134



Figura 6.10: Descarga de documentos para la sesión de entrenamiento, sección Entrenamiento de la página web. Fuente: Elaboración propia.	134
Figura 6.11: Pasos a seguir en el cuasi-experimento, sección Experimento de la página web. Fuente: Elaboración propia.	135
Figura 6.12: Descarga de documentos para el cuasi-experimento, sección Experimento de la página web. Fuente: Elaboración propia.	135
Figura 6.13: Formulario de subida de archivo, sección Experimento de la página web. Fuente. Elaboración propia.	136
Figura 6.14: Sección Encuesta de la página web. Fuente: Elaboración propia.	136
Figura 6.15: Sección videos explicativos de la página web, video de presentación. Fuente: Elaboración propia.	137
Figura 6.16: Sección Videos Explicativos de la página web, videos de guía y anexos y entrenamiento. Fuente: Elaboración propia.	137
Figura 6.17: Diagrama de cajas para las variables PEOU, PU e ITU. Fuente: Elaboración propia.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6.18: Conclusiones de aplicación de MEM. Fuente: Elaboración propia.	146



INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1: Porcentaje de estudios encontrados por librería. Fuente: Elaboración propia.	60
Gráfico 3.2: Porcentajes de criterio EC4. Fuente: Elaboración propia.....	61
Gráfico 3.3: Porcentajes de criterio EC5. Fuente: Elaboración propia.....	61
Gráfico 3.4: Porcentajes de criterio EC6. Fuente: Elaboración propia.....	61
Gráfico 3.5: Porcentajes de criterio EC7. Fuente: Elaboración propia.....	62
Gráfico 3.6: Porcentajes de criterio EC8. Fuente: Elaboración propia.....	62
Gráfico 3.7: Porcentajes de criterio EC9. Fuente: Elaboración propia.....	62
Gráfico 3.8: Porcentajes de criterio EC15. Fuente: Elaboración propia.	63
Gráfico 3.9: Porcentajes de criterio EC18. Fuente: Elaboración propia.	63
Gráfico 3.10: Gráfico burbuja de EC5, EC6, EC7 y EC9. Fuente: Elaboración propia.	64
Gráfico 3.11: Gráfico burbuja de EC7, EC8 y EC18. Fuente: Elaboración propia.....	65
Gráfico 3.12: Gráfico burbuja de EC5, EC8 y EC15. Fuente: Elaboración propia.....	65
Gráfico 3.13: Gráfico burbuja de EC8, EC9 y EC15. Fuente: Elaboración propia.....	66
Gráfico 3.14: Porcentajes de estudios encontrados por país. Elaboración propia.	73
Gráfico 3.15: Porcentaje de estudios por año. Fuente: Elaboración propia.	74



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Pablo Fernando Sinchi Coronel en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Método para la construcción de interfaces de usuario táctiles con mecanismos de accesibilidad mediante técnicas de desarrollo dirigido por modelos", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 14 de septiembre del 2020

Pablo Fernando Sinchi Coronel

C.I: 0104653233



Cláusula de Propiedad Intelectual

Pablo Fernando Sinchi Coronel, autor del trabajo de titulación "Método para la construcción de interfaces de usuario táctiles con mecanismos de accesibilidad mediante técnicas de desarrollo dirigido por modelos", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 14 de septiembre del 2020

Pablo Fernando Sinchi Coronel

C.I: 0104653233



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Verónica Gabriela Jimbo Tacuri en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Método para la construcción de interfaces de usuario táctiles con mecanismos de accesibilidad mediante técnicas de desarrollo dirigido por modelos", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 14 de septiembre del 2020

Verónica Gabriela Jimbo Tacuri

C.I: 0105201909



Cláusula de Propiedad Intelectual

Verónica Gabriela Jimbo Tacuri, autor del trabajo de titulación Método para la construcción de interfaces de usuario táctiles con mecanismos de accesibilidad mediante técnicas de desarrollo dirigido por modelos”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Cuenca, 14 de septiembre del 2020

Verónica Gabriela Jimbo Tacuri

C.I: 0105201909



AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora, Ing. Paola Pesantez y nuestra cotutora Ing. Priscila Cedillo quienes, con su apoyo, guía, consejos y sobre todo ejemplo constantes, no solamente en el ámbito profesional sino de la vida misma, nos han permitido llegar a la culminación de este trabajo de titulación.

A los miembros del *Grupo de Innovación e Investigación Tecnológica – GIIT*, con quienes hemos compartido dentro de los proyectos de Investigación “Diseño de Arquitectura y modelos de interacción para ambientes de vida asistida orientada a adultos mayores, caso de estudio ambientes lúdicos y sociales” e “Integración de nuevas tecnologías para el diseño de soluciones cognitivas en ambientes de vida asistida para adultos mayores: evaluación de áreas de atención y memoria.” - CEPRA XIV, que nos han enseñado, mediante el apoyo en el presente trabajo, sus experiencias laborales y amistad, a crecer profesionalmente sabiendo siempre valorar a quienes nos dan apoyo.

A la Universidad de Cuenca, por los años de acogida y pilar fundamental de educación, por permitirnos conocer a grandes ejemplos en nuestros profesores y grandes amistades en nuestros compañeros.

A nuestros profesores, por compartir su conocimiento, tiempo, experiencias y consejos a lo largo de estos años de educación, dándonos siempre la esperanza de que el esfuerzo da sus frutos.

Finalmente, pero no menos importante, a nuestros compañeros y amigos que compartieron durante años el esfuerzo, las horas de estudio, los desvelos y las alegrías del trabajo cumplido, quienes han sido siempre solidarios y han estado al pendiente de nuestro avance hasta llegar a este momento de alcanzar una meta.

Pablo y Verónica.



DEDICATORIA

A mis padres Carlos y Lucia ejemplos de vida y lucha, quienes siempre han sido comprensivos y pacientes, la alegría de poder ser reciproco con lo que me han dado me ha inspirado a poder lograr este trabajo.

A mis hermanos y grandes amigos Carlos y Christian, las alegrías se comparten mejor con quienes saben cuánto has luchado, siempre han sido un apoyo y ejemplo en buenos y malos momentos.

A las tutoras de este trabajo de titulación, no solo grandes profesionales sino también ejemplos de vida, por estar siempre presentes y prestas a ayudar en cualquier momento y con cualquier duda.

A mis amigos con quienes compartimos gratos momentos en las aulas y laboratorios en la facultad y en los patios de nuestra Universidad, y quienes siempre me motivaron a cumplir mis metas.

Pablo.



DEDICATORIA

Quiero dedicar es trabajo de titulación, a toda mi familia que me han brindado su apoyo en todo momento de mi vida.

A mis padres, Margarita y Gerardo, gracias por sus consejos, comprensión y apoyo que me han brindado en el transcurso de los años.

A mis hermanos, Fanny y Jaime, por estar conmigo en sus momentos de tristezas y alegrías.

Y por último a todas las personas que de una u otra manera me han brindado su apoyo para hacer posible este trabajo.

Verónica.



ACRÓNIMOS

C

CRPD

Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad (Convention on the Rights of Person with Disabilities)

CIM

Modelo independiente de la computación (Computation Independent Model)

G

GQM

Objetivo, pregunta, métrica (*Goal, Question, Metric*)

GUI

Interfaces graficas de usuario (*Graphical User Interfaces*)

H

HCI

Interacción humano-computador (*Human - Computer Interaction*)

HFE

Factores humanos y Ergonomía (*Human – factors and ergonomics*)

I

IM

Modelo de implementación (*Implementation Model*)

M

MBAUI

Interfaz de usuario accesible basado en modelos

MDA

Arquitectura dirigida por modelos (*Model Driven Architecture*)



MDD

Desarrollo dirigido por modelos (*Model Driven Development*)

P

PIM

Modelo independiente de la plataforma (*Platform-Independent Model*)

PSM

Modelo específico de la plataforma (*Platform-Specific Model*)

S

SPEM

Metamodelo para Modelos de Procesos de Ingeniería de Software (*Software Process Engineering Metamodel*)

U

UI

Interfaz de usuario (*User Interface*)

UID

Diagramas de interacción de usuario (*User Interaction Diagrams*)



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación y contexto

Según la convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CRPD) establecida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con capacidades especiales y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás personas (Naciones Unidas, 2014).

En Ecuador, una persona con discapacidad es considerada como aquella que, a consecuencia de una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, con independencia de la causa que la hubiera originado, ve restringida permanentemente su capacidad biológica, psicológica y asociativa para ejercer una o más actividades esenciales de la vida diaria, en una proporción equivalente al 30% (República del Ecuador, 2008). Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, en Ecuador existe una prevalencia de discapacidad del 2.78%, es decir, un total de 485,325 personas (aproximadamente 3 de cada 100 habitantes) presentan discapacidades, de las cuales 212,285 son de género femenino, 270,737 masculino y 22 pertenecen a grupos LGBTI (CONADIS, 2020). A su vez, de las personas con discapacidad 45.04% la presentan en un grado entre 30% y 49%, 34.55% en un grado entre 50% y 74%, 14.34% entre 75% y 84% y 6.07% entre 85% y 100%. Con respecto a grupos etarios del total de personas con discapacidades, 14.2% están entre los 0 y 18 años, 20.37% entre los 19 y 35 años y el 65.45% de 36 años en adelante. Adicionalmente, en cuanto a tipos de discapacidad, 46.63% tienen discapacidades físicas, 22.33% intelectuales, 14.01% discapacidad auditiva, 11.67% visual y 5.36% discapacidad psicosocial.



A nivel de Latinoamérica, en el año 2018, se tenía un aproximado de 12.6% de personas con discapacidad según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (Alva, 2014); en Argentina de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina durante el censo del año 2010 la prevalencia fue de 12.9% con una proyección para el 2020 de 15% (INDEC, 2020); en Brasil según el censo del año 2010 realizado por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística se obtuvo una prevalencia de discapacidad del 23.9% (IBGE, 2010); el Servicio Nacional de la Discapacidad de Chile en el II estudio nacional de la discapacidad dio como resultado una prevalencia de 16.7% de discapacidad (SENADIS, 2015); en Bolivia según el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia en el censo realizado en el año 2012 se tuvo que la prevalencia de la discapacidad es de un 3.4% (INE, 2012); según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia el censo general llevado a cabo en el año 2005 presentó una prevalencia de discapacidad del 6.3% (DANE, 2005).

En cuanto a los datos a nivel mundial, según la Organización Mundial de la Salud el 15% de la población mundial experimenta alguna forma de discapacidad (OMS, 2013).

Tomando en cuenta la prevalencia de discapacidad, la Asamblea General de la ONU en su cumbre del año 2015, estableció la agenda 2030 de desarrollo sostenible, que busca hacer realidad los derechos humanos de todas las personas y alcanzar la igualdad entre los géneros. Entre los objetivos de esta agenda se busca mejorar el acceso o participación de las personas con discapacidad en temas como educación, economía, desigualdad en los países y entre ellos, ciudades y asentamientos inclusivos, medios de implementación de desarrollo sostenible (Ferri, 2010). De la importancia de la tecnología y el acceso a la misma por personas que presentan discapacidad, la Tabla



1.1 resume algunos artículos de CRPD (Naciones Unidas, 2014) y ciertos aspectos de los mismos.

Referencia	Artículo
<i>Accesibilidad:</i> Eliminación de barreras de acceso a la información.	Art. 9 Sección 1
<i>Accesibilidad:</i> Adoptar medidas para asegurar servicios abiertos al público, acceso a sistemas y tecnologías de información y comunicación, promover asistencia y acceso a la información.	Art. 9 Sección 2
<i>Libertad de expresión y de opinión y acceso a la información:</i> Facilitar información con tecnologías adecuadas a discapacidades, facilitar formatos de comunicación accesibles.	Art. 21 (sin sección)
<i>Educación:</i> Facilitar el aprendizaje de formatos de comunicación aumentativos o alternativos. Asegurar que la educación se imparta de los modos y medios de comunicación más apropiados y en entornos para desarrollar su máximo académico.	Art. 24 Sección 3
<i>Habilitación y rehabilitación:</i> Promover disponibilidad, conocimiento y uso de tecnologías de apoyo y dispositivos para habilitación y rehabilitación.	Art. 26 Sección 3
<i>Participación en la vida política y pública:</i> votar, presentarse como candidatos, ejercer cargos y desempeñar funciones públicas, facilitando el uso de nuevas tecnologías y tecnologías de apoyo cuando proceda.	Art. 29 (Subsección a)
<i>Participación en la vida cultural, las actividades recreativas, el esparcimiento y el deporte:</i> Adoptar medidas para asegurar acceso a material cultural en formatos accesibles.	Art. 30 Sección 1
<i>Participación en la vida cultural, las actividades recreativas, el esparcimiento y el deporte:</i> Adoptar medidas para asegurar que las personas con discapacidad puedan organizar y desarrollar actividades recreativas y participar, y tengan acceso a participación de actividades lúdicas, recreativas, de esparcimiento y deportivas.	Art. 30 Sección 5

Tabla 1.1: Artículos de convención sobre los derechos de las personas con discapacidad relacionadas a la tecnología. Fuente: Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (ONU, 2014).



La constitución del Ecuador (Constituyente, 2008), referente a los derechos de las personas en forma individual o colectiva establece en el artículo 16 los literales que se muestran en la Tabla 1.2.

Referencia	Literal
El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.	2
El acceso y uso de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad.	4

Tabla 1.2: Literales del Artículo 16 de la constitución del Ecuador. Fuente: Constitución del Ecuador (Constituyente, 2008).

Por otro lado, el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 288 de Accesibilidad para el contenido web, establece que los requisitos de accesibilidad que deben cumplir los contenidos web para que puedan ser utilizados por todas las personas con o sin discapacidad, bien de forma autónoma o mediante los productos de apoyo tecnológico adecuados, deben satisfacer por completo el nivel de conformidad AA, establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN-ISO/IEC 40500 (Moreno y Inen, 2015).

Los problemas de accesibilidad y usabilidad de los sistemas se han vuelto más críticos a medida que han aumentado el número de personas, tengan o no problemas de discapacidad. Aunque las capacidades y características individuales pueden ser de grado menor, las combinaciones de estas pueden plantear problemas importantes para las personas que intentan interactuar con el sistema. Este es el caso particularmente cuando las necesidades del usuario y los requerimientos de accesibilidad no son reconocidos durante el desarrollo de los sistemas (ISO/IEC, 2014).

En desarrollo de interfaces de usuario, el usuario y sus características es lo central debido a varios desafíos. En el desarrollo de software un desafío común es que pueden existir productos de software similares, pero no idénticos, en estos las fuentes de variabilidad incluyen reutilización de módulos, la evolución y mejora en productos y



la diversidad de grupos de usuarios (Lackner y Schlingloff, 2017). Existen también nuevos desafíos en la adaptación de interfaces de usuario considerando múltiples configuraciones e informaciones como los modelos de entorno ubicuos y el perfil de usuario (Hlaoui, Zouhaier y Ben Ayed, 2019).

Una observación importante relacionada con la accesibilidad de las aplicaciones y los servicios interactivos por parte de diferentes grupos de usuarios, incluidas las personas con discapacidad, es que es probable que ninguna implementación de interfaz única sea suficiente para todos los diferentes usuarios. Esta simple observación lleva a la conclusión de que diseñar para la población de usuarios finales más amplia posible requiere la provisión de manifestaciones de interfaz alternativas según las habilidades, requisitos y preferencias de los grupos de usuarios objetivo (Stephanidis, Akoumianakis, Sfyraakis y Paramythis, 1998).

Por los desafíos presentados en el desarrollo de software, sobre todo en el desarrollo de interfaces de usuarios y la observación de accesibilidad es importante tomar en cuenta el desarrollo dirigido por modelos, que es una propuesta para el desarrollo de software en la que se atribuye a los modelos el papel principal, teniendo como propósito el tratar de reducir costes y tiempos de desarrollo de las aplicaciones de software y mejorar la calidad de los sistemas que se construyen, con independencia de la plataforma en la que el software será ejecutado y garantizando las inversiones empresariales frente a la rápida evolución tecnológica. (Pascuas Rengifo, Mendoza Suarez y Córdoba Correa, 2015)

1.2. Planteamiento del problema

En los últimos años, la investigación se ha centrado en diseños de software que permitan producir sistemas de acceso universal (Obrenovic, Abascal y Starcevic, 2007),



sistemas que puedan ser utilizados por todos independientemente de sus capacidades. Sin embargo, como se mencionó en la sección anterior, en la actualidad es crucial que la tecnología sea accesible y proporcione asistencia para las personas con discapacidad de manera que se incremente su inclusión y beneficie a los diferentes sectores de la sociedad (ISO/ IEC, 2019).

Por otro lado, la interfaz gráfica de un sistema interactivo, en los años noventa representaba el 45% del tiempo de desarrollo, 50% del tiempo de implementación y el 37% del tiempo de mantenimiento (Myers y Rosson, 1992), estas cifras han incrementado debido a que los sistemas interactivos se vuelven cada vez más complejos como resultado de los nuevos paradigmas de interacción, adaptabilidad, tecnología innovadora, multimedios de comunicación y modalidades de interacción (Sauer, 2011). El desarrollo de interfaces de usuario aborda múltiples fuentes de heterogeneidad (Gerrit Meixner y Gaëlle Calvary, 2013), por lo cual se requeriría la realización de múltiples procesos de diseño siendo esta una solución poco práctica por el elevado coste que representa tener un gran número de diseños independientes, así como la implementación de cada versión de interfaz producida a un software destino sería inaceptable (Savidis y Stephanidis, 2004).

En este trabajo de investigación se propone clasificar o diferenciar problemas/ limitaciones de accesibilidad analizando las necesidades tecnológicas táctiles que tienen las personas con impedimentos de tipo sensorial, motor o cognitivo y utilizando guías, estándares o artículos, que establezcan lineamientos de adaptaciones de Interacción Humano–Computador (HCI) que se aplicaran a MDD usando modelos, restricciones y transformaciones de modelos, para facilitar la generación de interfaces en base a estas necesidades de usuario.



1.3. Solución propuesta

En este contexto, existen herramientas para la creación de interfaces utilizando Desarrollo Dirigido por Modelos (MDD), como es el caso de Zeferino y Vilain (2014), cuyo trabajo se basa en diagramas de interacción de usuario (UID), o Sauer (2011) que crea métodos de desarrollo en el dominio de interfaces de usuario avanzadas.

No obstante, ninguno de los casos mencionados utiliza como base MDD y estándares de interfaces táctiles e interfaces accesibles, integrándolas en un solo método de construcción, por lo cual en este trabajo se busca establecer un método que permita la construcción de interfaces táctiles utilizando mecanismos de accesibilidad mediante MDD. Además, se realizará una instanciación del método a fin de comprobar la factibilidad en su uso y finalmente, se realizará la evaluación de este a través de un caso de estudio concreto.

1.4. Hipótesis y Objetivos

1.4.1. Hipótesis

H0: El método propuesto, no presenta utilidad en la creación de interfaces de usuario accesibles basado en el desarrollo dirigido por modelos.

H1: El método propuesto, resulta de utilidad en la creación de interfaces de usuario táctiles accesibles basados en el desarrollo dirigido por modelos.

1.4.2. Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo general establecer un método para la construcción de interfaces de usuario táctiles utilizando mecanismos de accesibilidad mediante técnicas de MDD. Como objetivos específicos que ayudarán a alcanzar este objetivo tenemos:



1. Analizar las tendencias y estado actual de investigaciones referentes a interfaces táctiles, interfaces accesibles y MDD.
2. Identificar y aplicar estándares apropiados para la descripción y construcción de interfaces, interfaces accesibles y MDD.
3. Desarrollar diseños de MDD que permitan integrar accesibilidad a interfaces táctiles.
4. Instanciar un caso concreto de interfaces táctiles accesibles mediante diseños MDD.
5. Evaluar los resultados mediante un cuasi-experimento.

1.5. Contexto del proyecto

Este trabajo de titulación se ha desarrollado en el contexto del proyecto de Investigación “Diseño de Arquitectura y modelos de interacción para ambientes de vida asistida orientada a adultos mayores, caso de estudio ambientes lúdicos y sociales”, desarrollado por el Grupo de Innovación e Investigación Tecnológica (GIIT).

1.6. Tareas de investigación

Los objetivos propuestos se cumplirán siguiendo una metodología de investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Esta metodología se llevará a cabo en diez fases cuyo flujo se puede observar en la Figura 1.1.

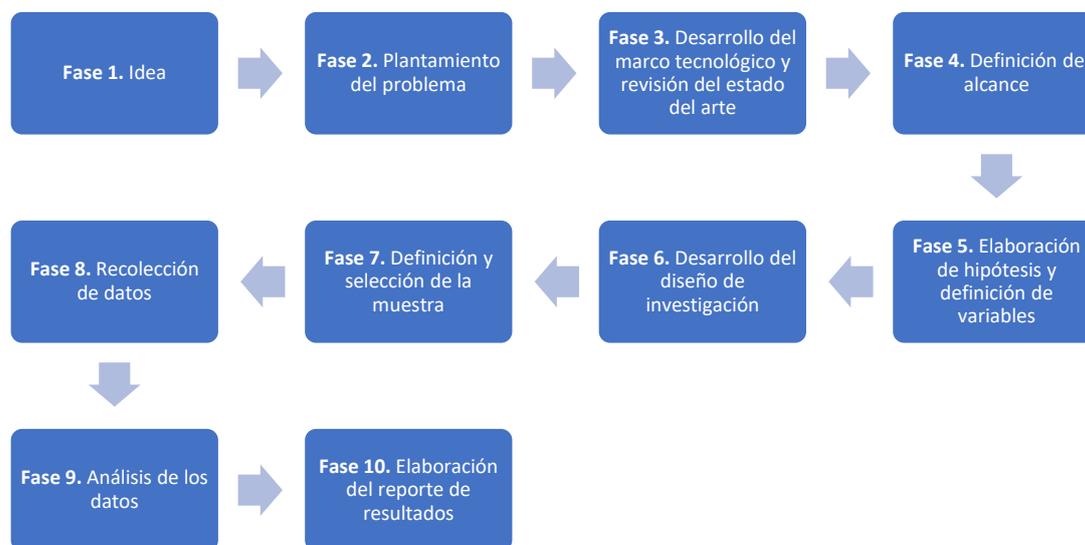


Figura 1.1 Metodología de la investigación. Fuente: (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

A continuación, la descripción de las fases:

1. **Idea:** la idea da origen a la investigación, siendo un acercamiento a la realidad y debe transformarse en un planteamiento preciso y estructurado.
2. **Planteamiento del problema:** se desarrolla la idea tomando en cuenta cinco elementos: 1) objetivos de investigación, 2) preguntas de investigación, 3) justificación, 4) viabilidad o factibilidad de la investigación y 5) evaluación.
3. **Desarrollo del marco tecnológico y revisión del estado del arte:** cuando ya se ha planteado el problema es necesario sustentar teóricamente la investigación, analizando las investigaciones previas y antecedentes en general que sean válidos para el encuadre de la investigación, dando una visión de la situación del planteamiento en el campo de conocimiento al que pertenece. Debido a la necesidad de una correcta revisión de la literatura se realizó una revisión sistemática guiada por la metodología de Kitchenham y Charters (2007) que busca llevar a cabo una revisión rigurosa de la evidencia empírica actual mediante tres fases: 1) planificación, 2) conducción y 3) reporte de resultados.



- 4. Definición del alcance:** en esta fase se define el alcance del estudio, el mismo puede definirse de cuatro diferentes formas, aunque se pueden combinar diferentes alcances. Los alcances son:
- a. Exploratorio: Se aplica cuando existe un tema de investigación poco estudiado.
 - b. Descriptivo: Busca especificar información como propiedades, características y perfiles de un fenómeno, describiendo tendencias de una población.
 - c. Correlacional: Cuando se busca una asociación entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular, midiendo las variables y cuantificando la vinculación.
 - d. Explicativo: Los alcances explicativos se aplican cuando el estudio busca las causas y en qué condiciones se manifiestan ciertos eventos y fenómenos físicos y sociales.

La revisión sistemática que se llevó a cabo fue exploratoria.

- 5. Elaboración de hipótesis y definición de variables:** luego del alcance, en esta fase se define la o las hipótesis que se forman como preposiciones, y son explicaciones tentativas del fenómeno a investigar, que indican lo que se trata de probar. Al formular una hipótesis se deben también definir las variables que se incluyen en ella, estas son las propiedades que tienen una variación medible u observable.
- 6. Desarrollo del diseño de investigación:** buscar la forma práctica y concreta, mediante un plan o estrategia, de responder a las preguntas y además cumplir los objetivos para analizar la certeza de la hipótesis.
- 7. Definición y selección de la muestra:** según el planteamiento y alcance se definen las unidades de muestreo es decir los participantes, objetos, sucesos o
-



colectividades de estudio. Una vez definidas estas unidades se delimita la población, tomando los casos que concuerden con ciertas especificaciones; luego se define una muestra, es decir un subgrupo de la población de la que se recolectan los datos.

- 8. Recolección de datos:** elaborar un plan detallado de procedimientos para reunir los datos, tomando en cuenta las fuentes de los mismos, donde se localizan las fuentes, a través de que medio o método se recolectaran los datos y de qué forma se los prepara para analizarlos.
- 9. Análisis de los datos:** partiendo de que actualmente los análisis de datos se realizan digitalmente, el proceso de análisis conlleva siete fases: 1) seleccionar un software estadístico, 2) ejecutar el programa, 3) analizar descriptivamente los datos por variable, visualizar los datos por variable, 4) evaluar la confiabilidad y validez lograda, 5) analizar por pruebas estadísticas las hipótesis, 6) análisis adicionales y 7) preparar los resultados y presentarlos utilizando gráficas.
- 10. Elaboración del reporte de resultados:** se elabora un reporte de diferente tipo tomando en cuenta las razones de la investigación, las personas que recibirán finalmente los resultados, y el contexto en el que se presentarán los mismos.

1.7. Estructura del trabajo

La Figura 1.2 muestra la alineación entre las fases del proceso de desarrollo del trabajo de titulación, la estructura del mismo y la metodología de investigación utilizada.

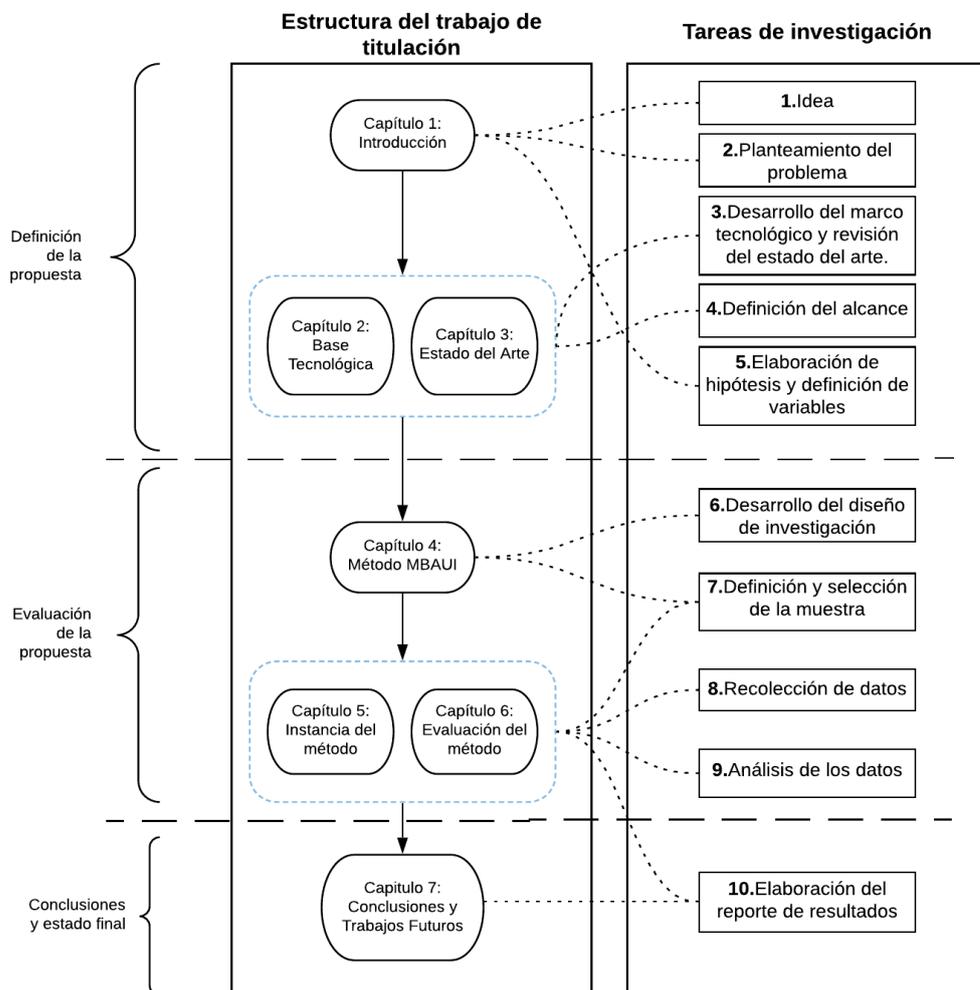


Figura 1.2: Estructura del trabajo de titulación. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe cada capítulo de manera general.

- **Capítulo 1: Introducción.**

Contiene la motivación objetivos, tareas de investigación, la estructura del trabajo, el proceso de desarrollo del trabajo realizado y los objetivos del mismo.

- **Capítulo 2: Marco tecnológico.**

Se conceptualizan los temas relevantes dentro de la investigación como: interfaces de usuario, accesibilidad, HCI, MDD, MDA y tecnología táctil.



- **Capítulo 3: Estado del arte.**

Se realiza un estudio en el dominio MDD que presenta las tecnologías, métodos y áreas en donde se usa MDD para la construcción de interfaces de usuario accesibles. Adicionalmente, se realiza investigación acerca de accesibilidad, HCI, tecnología táctil y MDA.

- **Capítulo 4: Método propuesto.**

Presenta un método de creación de interfaces de usuario accesibles usando MDD. Este método tiene cuatro fases: 1) análisis, 2) diseño, 3) implementación y 4) evaluación las mismas que son ilustradas gráficamente para una mejor comprensión mediante SPEM 2.0.

- **Capítulo 5: Instancia método.**

Se propone la creación de una aplicación siguiendo los pasos del método descrito en el Capítulo 4 con la finalidad de validarlo.

- **Capítulo 6: Evaluación**

Se realiza la evaluación del método propuesto en el Capítulo 4 mediante el uso de GQM para establecer los objetivos de la evaluación y para probar la validez del método se utilizarán el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) y Modelo de Evaluación de Métodos (MEM). La información obtenida mediante encuestas se documentará y se comparará con la hipótesis planteada en este trabajo de titulación como validación del método propuesto.

- **Capítulo 7: Conclusiones y trabajos futuro.**

Se exteriorizan los resultados obtenidos en la realización de este trabajo de titulación.

- **Apéndices y Anexos**

Se muestran los documentos generados y documentos utilizados en la realización del trabajo de titulación.



CAPÍTULO 2. MARCO TECNOLÓGICO

2.1. Interfaces de Usuario

La interfaz de usuario (UI) es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, equipo, computadora o dispositivo. La interfaz de usuario tiene esencialmente dos componentes que son entrada y salida. La entrada es como una persona comunica sus necesidades o deseos a la computadora. Algunos componentes de entrada comunes son teclado, mouse, dedo (para pantallas táctiles) y la voz (para instrucciones habladas). La salida es como la computadora transmite los cálculos y requisitos al usuario (Wilbert O. Galitz, 2007).

Hlaoui, Zouhaier y Ben Ayed (2019), mencionan que el proceso de adaptación de las UI debe ser automático y dinámico para que los usuarios con capacidades especiales estén libres del control de cambios de la interfaz de usuario. Sin embargo, las UI para usuarios con necesidades especiales sigue siendo un problema ya que carecen de soluciones rigurosas y efectivas. El campo de accesibilidad de las UI debe mejorarse proponiendo soluciones que consideren una amplia gama de personas con discapacidad. Dado que la accesibilidad se considera como un criterio de calidad, una UI dada es calificada como accesible si es adecuada para personas con capacidades especiales. Los usuarios con necesidades especiales generalmente descubren barreras cuando interactúan con las UI que no están adaptadas adecuadamente a sus habilidades.

2.1.1. Interfaces de pantalla táctil

Una interfaz de pantalla táctil es un dispositivo combinado de pantalla/entrada, la pantalla muestra la interfaz gráfica y el contacto físico del usuario de la pantalla se



interpreta como una entrada o interacción con la interfaz, en el punto de contacto (Orphanides y Nam, 2017).

El lanzamiento de iPhone de Apple en el 2007 (Ryan, 2013), anuncio una nueva era para las pantallas táctiles, tanto como un hito en la informática ubicua personal basada en pantalla táctil, y también como un sello distintivo de las posibilidades que las interfaces de pantalla táctil permiten en el diseño industrial y estético (Orphanides y Nam, 2017). Como resultado, en la última década las pantallas táctiles se han vuelto omnipresentes en las aplicaciones industriales, comerciales y de consumo, en una diversidad de dispositivos. Las pantallas táctiles tienen un atractivo desde el diseño de sistemas, ya que combinan posibilidades de visualización y entrada (proporcionando así espacio y eficiencia de diseño), al mismo tiempo que ofrecen beneficios de factores humanos y ergonomía (HFE). Sin embargo, la decisión de usar la pantalla táctil como entrada del sistema da como resultado ciertos compromisos de HFE, incluyendo preocupaciones como la falta de accesos táctiles y factores que comprometen la calidad del mapeo directo de entradas y objetivos como el problema del dedo gordo. Esto sugiere que elegir una pantalla táctil como dispositivo de entrada puede generar un compromiso desde HFE, que puede influir en la seguridad, tarea, rendimiento y satisfacción de los usuarios del sistema. El efecto preciso de la pantalla táctil como entrada puede depender del contexto y configuración del sistema, el usuario y la implementación táctil seleccionada (Orphanides y Nam, 2017).

Orphanides y Nam (2017) realizan una revisión sistemática de pantallas táctiles considerándolas en tres dimensiones:

Implementación física de la pantalla: implica las propiedades que son intrínsecas a la pantalla táctil en particular con respecto al diseño de hardware y software. Esto incluye componentes físicos, controladores, la información que la pantalla



es capaz de comunicar y recibir, etc. Aspectos que incluyen la tecnología utilizada para detectar e interpretar toques, la capacidad de recibir e interpretar toques, gestos, tamaño físico, resolución de pantalla, etc.

Tarea que la pantalla admite: incluye la configuración y el entorno en el que se está utilizando. Las tareas que se realizan en la pantalla táctil y los factores ambientales que pueden afectar la capacidad humana en el contexto de uso de la pantalla táctil.

Características del ser humano: incluye factores del usuario que este no tiene capacidad de cambiar a voluntad como por ejemplo edad, habilidad física, lateralización, etc.

Finalmente proporcionan un resumen de los hallazgos que se deben tomar en cuenta en la construcción de interfaces táctiles de acuerdo con las dimensiones mencionadas anteriormente, como las entradas que el diseño de interacción permite, el diseño de interfaces, la edad del usuario, los problemas de discapacidad motriz entre otros.

2.2. Accesibilidad

Berners-Lee y Fischetti (1999) le definen a la accesibilidad en el ámbito de las TIC como “el arte de garantizar que cualquier recurso, a través de cualquier medio, este disponible para todas las personas, tengan o no algún tipo de discapacidad”. Existen diferentes condiciones (discapacidades) que pueden limitar el uso de las TIC, como una dificultad motriz de uno o varios miembros que limita el uso de dispositivos como el ratón o teclado, o una dificultad visual que impide el acceso a toda la información de la pantalla. Como solución principal a estos problemas existen herramientas, tanto de hardware como de software, que sustituyen la funcionalidad de la que carecen los usuarios con discapacidad (Guenaga, Barbier y Eguíluz, 2007).



Los sistemas cada vez deben contener más funcionalidades por lo cual se vuelven más complejos en el uso. Las soluciones de accesibilidad existentes se centran en las pautas de accesibilidad que apuntan principalmente al comportamiento en tiempo de ejecución es decir cómo debería funcionar el sistema, pero no como debería desarrollarse (Vieritz, Yazdi, Schilberg, Göhner y Jeschke, 2011).

Al mismo tiempo, los usuarios con necesidades especiales para acceder a herramientas informáticas recurren a tecnologías de asistencia. El uso de tecnologías asistidas por sí solas no es suficiente para garantizar la accesibilidad de las interfaces gráficas de usuario. En algunos casos incluso si el usuario está equipado con una tecnología de asistencia reciente no puede interactuar con la aplicación debido a la falta de accesibilidad de la interfaz. De hecho, las tecnologías de asistencia se basan en un marco de accesibilidad común lo que proporciona un modelo que funciona con las aplicaciones con una interfaz de usuario accesible. Por lo tanto, la efectividad de una tecnología depende del nivel de accesibilidad de la interfaz de usuario con la que interactúa. Por ejemplo, si la interfaz de una aplicación contiene una gran cantidad de elementos gráficos mientras no se proporcione una descripción de estos elementos un sintetizador de voz es incapaz de ayudar a un usuario con la limitación visual a entender (Bouraoui y Gharbi, 2019).

La accesibilidad incluye:

- Requerimientos que son técnicos y se relacionan con el código subyacente más que con la apariencia visual. Por ejemplo, se aseguran de que los sitios web funcionen bien con tecnologías de asistencia, esto incluye lectores de pantalla que leen el contenido y lupas de pantalla que amplían el contenido. El software de reconocimiento de voz utilizado para ingresar texto es otra forma de tecnología de asistencia (Rush y EOWG, 2016).



- Requerimientos relacionados con la interacción del usuario y el diseño visual. El diseño inadecuado de estos requerimientos puede causar barreras importantes para los usuarios con discapacidad (Rush y EOWG, 2016).

2.2.1. Estrategias de accesibilidad

Cuando se desarrolla el análisis de usuario se deben identificar las necesidades de accesibilidad que tengan, esto se puede realizar utilizando las diversas técnicas de análisis de usuario (perfil de usuario, personajes) (Shawn Lawton, 2000) o los enfoques de consideraciones de diseño y objetivos (ISO/IEC, 2014). Una vez identificadas las necesidades de accesibilidad, estas pueden traducirse en requisitos específicos de accesibilidad. Existen diferentes estrategias que se pueden aplicar para escribir requisitos específicos de accesibilidad. Las estrategias representan los medios potenciales para los cuales un usuario específico identificado necesita accesibilidad o la consideración de diseño podría cumplirse. Por lo que se deberían considerar y seleccionar la estrategia o estrategias que se puedan aplicar mejor para transformar las necesidades y consideraciones en requisitos dado el contexto y los detalles del estándar que están desarrollando. En algunas instancias se necesitarán múltiples estrategias para satisfacer una sola necesidad o diseño de accesibilidad de usuario identificado, y a veces la aplicación de una estrategia única podrá abordar múltiples necesidades o consideraciones. Además, estas estrategias son aplicables al diseño de interacciones del usuario, tareas y actividades, así como al diseño del propio sistema (ISO/IEC, 2014). El estándar ISO/IEC 71 muestra las consideraciones que son ampliamente utilizadas para abordar las necesidades de accesibilidad del usuario y las consideraciones de diseño, y no las constituyen como un conjunto exhaustivo.



2.2.1.1. Proporcionar múltiples medios de presentación de información e interacción con el usuario

Considerar usar más de un medio de presentación por el cual los usuarios puedan percibir la misma información y múltiples medios por los cuales los usuarios puedan interactuar con el sistema para lograr un objetivo dado, ya sea realizar una tarea, participar en una actividad u obtener o utilizar un servicio (ISO/IEC, 2014).

2.2.1.2. Establecer parámetros fijos para acomodar una amplia gama de usuarios

Cuando es necesario fijar un parámetro de diseño en algún valor, teniendo un amplio rango de valores posibles, varios parámetros de diseño solo se pueden establecer en un valor especificado (ej. tamaño de la fuente, tamaño de control, el espaciado en la letra), en estos casos se debe considerar si el valor elegido como parámetro de diseño es la mejor opción para acomodar a la amplia gama de usuarios. Finalmente, es deseable cuestionar si un parámetro de diseño que se considera fijo podría realmente ser ajustable para satisfacer más necesidades de accesibilidad (ISO/IEC, 2014).

2.2.1.3. Establecer parámetros ajustables para acomodar la más amplia gama de usuarios

Considerar si el rango de ajuste para parámetros ajustables es suficiente para permitir el acceso a un mayor número de usuarios. Proporcionar capacidad de ajuste es una de las estrategias más utilizadas para abordar algunas necesidades de accesibilidad, particularmente cuando esas necesidades varían ampliamente con respecto a un parámetro de diseño particular (ISO/IEC, 2014).



2.2.1.4. Minimizar la complejidad innecesaria

Cuanta mayor es la complejidad de las tareas y actividades del usuario y los sistemas con los que se realizan esas tareas, es más probable que algunas personas experimenten problemas de accesibilidad, y más probablemente cometerán errores que les impedirán alcanzar sus objetivos. Hay casos en los que la complejidad es necesaria, y también casos en los que la complejidad es deseable (ISO/IEC, 2014). Sin embargo, es importante simplificar y racionalizar muchos diseños para eliminar niveles innecesarios y/o indeseables de complejidad para permitir que el mayor número de personas pueda realizar tareas, acceder y/o recibir servicios, utilizar productos y navegar o utilizar el entorno construido. También es importante que los sistemas complejos con muchas características están diseñados para que no oculten la funcionalidad básica del sistema. Hay aspectos del diseño que afectan la complejidad general, y por lo tanto varias alternativas (ej. simplificar el lenguaje, simplificar las tareas del usuario, asegurar que la funcionalidad básica sea fácilmente accesible, proporcionar opciones evidentes para la toma de decisiones) pueden ser consideradas para reducir la complejidad innecesaria (ISO/IEC, 2014).

2.2.1.5. Proporcionar acceso individualizado a un sistema

La individualización implica satisfacer las necesidades de accesibilidad del usuario según lo determinen sus requerimientos particulares. La utilización de esta estrategia garantiza que se satisfagan las necesidades específicas de un individuo. Los sistemas que están controlados por o tienen tecnología de información y comunicaciones incorporada se prestan particularmente bien a la individualización debido a la relativa facilidad de acceso a los requisitos de un individuo (ISO/IEC, 2014).

Las razones para adoptar esta estrategia incluyen seguridad personal, confidencialidad, conveniencia comercial, preservación de la dignidad o necesidades individuales conflictivas (ISO/IEC, 2014).

2.2.1.6. Eliminar límites innecesarios o restricciones en las interacciones del usuario con un sistema

Las personas participan en tareas y actividades de diferentes maneras. Al limitar las formas en que un usuario puede participar o interactuar con un sistema, la accesibilidad puede disminuir o incluso hacerse imposible para algunos usuarios. Uno de los tipos de restricciones de diseño que se encuentran con mayor frecuencia, y a menudo innecesarios, es la restricción del tiempo que un usuario tiene para completar una tarea o actividad. No todos hacen las cosas al mismo ritmo, por lo tanto, se puede considerar eliminar las restricciones basadas en el tiempo como un medio para aumentar la accesibilidad (ISO/IEC, 2014).

2.2.1.7. Proporcionar compatibilidad con productos de asistencia y tecnología de asistencia

En situaciones en las que los usuarios pueden necesitar utilizar productos de asistencia y tecnología de asistencia para acceder a un sistema, la responsabilidad de los desarrolladores es garantizar que el sistema proporcione compatibilidad con estos para que los usuarios puedan alcanzar sus objetivos (ISO/IEC, 2014).

2.2.1.8. Proporcionar versiones alternativas de un sistema

Aunque es muy probable que las empresas hayan tomado decisiones sobre versiones alternativas de un sistema, es posible que no se hayan basado en consideraciones de accesibilidad. Por lo tanto, esta estrategia se incluye y puede ser considerada por desarrolladores que abordan las necesidades de accesibilidad



del usuario o las consideraciones de diseño que no han sido identificadas o cumplidas durante el proceso de diseño. Obviamente, la estrategia en sí, solo puede implementarse por diseñadores (ISO/IEC, 2014).

2.3. Interacción Humano-Computador

La interacción humano-computador es el estudio, la planificación y el diseño de como las personas y las computadoras trabajan juntas para satisfacer las necesidades de una persona de la manera más efectiva. Los diseñadores de HCI deben considerar una variedad de factores: lo que la gente quiere y espera, que limitaciones físicas y habilidades posee la gente, como funciona su percepción y procesamiento de información y lo que las personas encuentran agradable y atractivo. También se deben considerar las características técnicas y las de hardware y software (Wilbert O. Galitz, 2007).

Las normativas ISO 9241-920 (2009), ISO 9241-940 (2017) mencionan que la interacción táctil y háptica se están convirtiendo en importantes modalidades de interacción en los sistemas informáticos como: entornos informáticos de propósito especial (tablet), tecnología portátil (conjuntos táctiles, guantes instrumentados) y en tecnologías de asistencia. Los ejemplos del uso de entradas táctiles/táctiles van desde el uso de teclados, dispositivos señaladores (como un mouse o track pad) y el tacto directo (gestos) hasta el uso de gestos no táctiles como seguimiento ocular, entradas de un solo interruptor y movimientos de todo el cuerpo. Los ejemplos de salidas táctiles/hápticas incluyen el uso de vibraciones y salidas de patrones táctiles (por ejemplo, braille). La falta de investigación de las normas en esta área puede conducir al desarrollo de sistemas con dificultades ergonómicas graves para los usuarios de diferentes dispositivos táctiles.



2.4. Desarrollo dirigido por modelos (MDD)

MDD permite la creación de software complejo desarrollando primero un modelo de alto nivel que no depende de ninguna tecnología/plataforma, que sirve como entrada para las herramientas de generación de código reduciendo de esta manera el esfuerzo de los desarrolladores.

MDD promete mejorar el proceso de construcción de software basándose en un proceso guiado por modelos, asignando a los modelos un rol central y activo (Pons, Giandini y Pérez, 2016). MDD abarca los conceptos de Modelo independiente de computación (PIM), Modelo específico de la plataforma (PSM) y finalmente los modelos que representan el código fuente en sí mismos identificados como Modelo de implementación (IM). Estos conceptos se basan en transformaciones que apuntan a elevar el nivel de abstracción durante el desarrollo de software (Pons et al., 2016).

En el diseño de bajo nivel, el PIM se transforma en PSM teniendo en cuenta la plataforma, el concepto es que el PIM podría originar varios PSM. Desde el PSM, el flujo de trabajo de desarrollo sigue con la codificación, en el cual el modelo y los procesadores originan código ejecutable.

2.4.1. Metodologías MDD

Entre los diversos métodos que se han analizado para el desarrollo del método propuesto tenemos:

2.4.1.1. MASTER

Larrucea, Belen, Díez y Mansell (2004) proponen un proceso MDD y conceptos de ingeniería de la familia de sistemas que se pueden utilizar para adaptar el proceso MDD de acuerdo con los requisitos funcionales y del usuario. Los autores utilizaron la notación SPEM (Software Process Engineer Metamodel) para describir el proceso, la



metodología se desarrolló durante el proyecto MASTER que fue el proyecto europeo IST (proyecto MASTER IST-2001-34600).

Las siguientes son las fases principales del proceso MDD:

- **Captura de los requisitos de usuario:** el objetivo es identificar, acordar y documentar los requisitos funcionales y no funcionales del usuario.
- **Definición de contexto PIM:** el objetivo es definir el alcance del sistema de software que se desarrollará.
- **Especificación de requisitos de PIM:** el objetivo es crear modelos completos de los requisitos del cliente, así como crear descripciones de requisitos únicas para todos los modelos posteriores que se utilizarán.
- **Análisis PIM:** el objetivo es modelar la visión interna del sistema, en el que se excluyen las consideraciones tecnológicas y se mantiene la separación entre los requisitos funcionales y no funcionales.
- **Diseño:** el objetivo es modelar el comportamiento y la estructura de una solución, que cumpla con los requisitos funcionales y no funcionales.
- **Codificación e integración:** el objetivo es desarrollar y verificar el código que implementa el diseño y cumple los requisitos.
- **Pruebas:** el objetivo es mostrar que el sistema desarrollado cumple los requisitos.
- **Implementación:** el objetivo es garantizar que el sistema desarrollado se use con éxito entre los usuarios finales.

2.4.1.2. SDL-MDD

Kuhn, Gotzhein, y Weibel (2006), proponen SDL-MDD, un proceso de MDD que se basa en el lenguaje de especificación y descripción (SDL). También presentan un



conjunto de herramientas semánticamente integrado, que consta de varias herramientas comerciales, incluido un editor gráfico SDL, un depurador de modelos SDL y un compilador de SDL a C, especialmente compatible con la generación de códigos basados en modelos y la simulación basada en modelos. Tanto el código de producción como el de simulación se generan completamente a partir de modelos SDL y se instrumentan automáticamente para interactuar con diferentes sistemas operativos y tecnologías de comunicación.

Las siguientes etapas se distinguen en el proceso SDL-MDD:

- **Requisitos (REQ):** los requisitos se obtienen y describen de manera informal.
- **Formalización de requisitos (FRQ):** el documento de requisitos está parcialmente formalizado, produciendo un modelo independiente de computación (CIM). Similar al MDA, el CIM es una especificación del sistema desde el punto de vista del experto en dominios. Dado que el SDL-MDD está dirigido al dominio informático ubicuo, especifica escenarios de mensajes con MSC en diferentes niveles de granularidad. Esta especificación se puede rastrear en todos los modelos de las etapas de desarrollo posteriores, y se puede validar en escenarios generados por el depurador de modelos SDL.
- **Diseño independiente de la plataforma (PID):** se especifica el modelo independiente de la plataforma (PIM), utilizando SDL como lenguaje de diseño. El PIM está estructurado en funcionalidades específicas de la aplicación e independientes de la plataforma. El resultado de esta etapa es un modelo de diseño SDL cerrado, funcionalmente completo, que puede analizarse utilizando las herramientas existentes para la depuración y validación del comportamiento del sistema funcional.

- **Diseño específico de plataforma (PSD):** se detalla el PSM, nuevamente utilizando SDL como lenguaje de diseño. El hecho de que el PSM incorpore el PIM y que se use el mismo lenguaje de diseño que el PIM hace que las transformaciones entre el PIM y las partes correspondientes del PSM sean obsoletas. Sin embargo, se deben tomar decisiones de diseño que conduzcan a componentes PSM específicos de la plataforma. El modelo de diseño SDL resultante puede analizarse utilizando las herramientas existentes para la depuración y validación del comportamiento del sistema funcional. Además, el modelo de diseño forma la base para simulaciones de rendimiento basadas en modelos.
- **Requisitos modificados (CRQ):** los requisitos iniciales pueden modificarse, en función de los comentarios de la evaluación del desempeño.

El proceso SDL-MDD no contiene una etapa de implementación explícita. La razón es que las implementaciones incluyen el código.

2.4.1.3. MODA-TEL

MODA-TEL tiene como objetivo desarrollar metodologías y herramientas para apoyar a MDA en la industria de las telecomunicaciones (Parviainen, Takalo, Teppola y Tihinen, 2009). Gavras (2003) en la metodología MODA-TEL identifica cinco fases en las cuales tres de ellas: preparación preliminar, preparación detallada y configuración de infraestructura están relacionadas con la preparación y una con la ejecución del proyecto. Otra fase es la gestión de proyectos del desarrollo basado en modelos. La Tabla 2.1 lista de actividades en cada fase de la metodología:

Fase	Actividades
Preparación preliminar	Identificación de la plataforma Identificación del lenguaje de modelado Identificación de la transformación y estrategia de trazabilidad



Preparación detallada	Especificación de lenguajes de modelado Especificación de transformaciones
Configuración de infraestructura	Selección de herramientas Gestión de metadatos
Ejecución del proyecto	Análisis de requisitos Modelado, verificación y validación Transformaciones, codificación y prueba Implementación de integración Mantenimiento de la operación
Gestión de proyectos	Selección del proceso de desarrollo de software (SDP) Organización del proyecto Gestión de calidad

Tabla 2.1 Fases de MODA TEL. Fuente: Elaboración propia

2.4.1.4. MIDAS

Caceres, Marcos y Vela (2003) proponen MIDAS, una metodología específica de MDA para el desarrollo de sistemas de información web (WIS). La metodología utiliza UML y propone diferentes modelos independientes de plataforma (PIM) y específicos de plataforma (PSM). MIDAS define asignaciones de PIM a PIM, de PIM a PSM y de PSM a PSM.

2.4.1.5. C³

Hildenbrand y Korthaus (2004) proponen C³, un enfoque para la ingeniería de aplicaciones empresariales que se compone de los siguientes elementos: colaboración, ingeniería de software concurrente y orientación a componentes. Los autores identifican como principales usuarios de la metodología al administrador de dominio, administrador de proyecto, arquitecto de aplicaciones, desarrolladores de componentes e implementador de aplicaciones.

La metodología C³ define dos fases fundamentales: 1) **estandarización** se refiere a las acciones de acceso y descarga de los activos de software del dominio desde el repositorio de datos del dominio al repositorio de datos del proyecto. Los modelos de componentes recientemente desarrollados y los elementos de modelo específicos del



dominio también se pueden cargar para su futura reutilización 2) **desarrollo de software** que consta de los siguientes pasos: *diseño de modelo* donde los desarrolladores seleccionan y trabajan en la arquitectura de la aplicación comercial, *generación de código* donde el objetivo es generar la mayor cantidad posible de código específico de plataforma ejecutable a partir de los modelos e *implementación de aplicaciones* donde después de que el código es generado y posiblemente completado por los desarrolladores, los componentes se implementarán en un servidor de aplicaciones determinado según el marco arquitectónico modelado (Hildenbrand y Korthaus, 2004; Parviainen et al., 2009).

2.4.1.6. AMDD

El desarrollo impulsado por modelos ágiles (AMDD) es una versión ágil de MDD. Básicamente, en MDD tradicional, se realiza un modelado extenso antes de escribir o generar un código fuente. En el AMDD, no se hacen modelos extensos como en el MDD tradicional. En cambio, durante el MDD, se producen modelos ágiles, permitiendo escribir el código en sintonía con los modelos. AMDD promueve un enfoque evolutivo, en el que la implementación se produce de forma iterativa e incremental (Ambler, 2003).

2.5. Desarrollo de interfaces de usuario basado en modelos

El desarrollo de interfaces de usuario basado en modelos (MBUID), es un enfoque que tiene como objetivo hacer frente a las múltiples fuentes de heterogeneidad (diversidad de los usuarios, plataformas, modalidades de interacción, lenguajes de programación, entornos de trabajo y variabilidad de contexto de uso) y disminuir el esfuerzo necesario para desarrollar interfaces de usuario. El propósito basado en modelos es identificar modelos de alto nivel que permitan a los diseñadores especificar y analizar aplicaciones de software interactivas desde un nivel más semántico, en lugar



de comenzar de inmediato a abordar el nivel de implementación. Esto permite concentrarse en aspectos más importantes sin confundirse con los detalles de implementación y luego tener herramientas que actualicen la implementación para ser consistentes con las elecciones de alto nivel (Gerrit Meixner y Gaëlle Calvary, 2013).

El framework de referencia Camaleon (CFR) se usa como para estructurar y clasificar procesos de desarrollo basados en modelos de UI que admiten múltiples contextos de uso. CRF descompone el diseño de la interfaz de usuario en una serie de componentes diferentes que buscan reducir el esfuerzo en apuntar a múltiples contextos de uso. CRF hace explícito el contexto de uso que puede tener un impacto en la naturaleza de las transformaciones utilizadas en el proceso de transformación (Gerrit Meixner y Gaëlle Calvary, 2013). El contexto de uso denota un espacio de información estructurado en tres modelos principales:

- **Modelo de usuario:** incluye atributos y funciones que describen a la persona que está destinada a utilizar, o está utilizando realmente, el sistema interactivo.
- **Modelo de plataforma:** incluye una colección integrada de tecnologías de software, hardware y especificaciones de recursos que unen el entorno físico con el mundo digital.
- **Modelo de entorno:** incluye atributos espacio-temporales, reglas y funciones que caracterizan los lugares físicos y sociales cuándo/dónde se llevará a cabo la interacción, o si realmente se está llevando a cabo.

La ingeniería por modelos (MDE) se ha convertido en un paradigma importante en la comunidad de desarrollo de software. MDE usa modelos como artefactos primarios durante el análisis, diseño, implementación y mantenimiento. Sin embargo, hay una falta de armonización entre MDE y enfoques MBUID, mientras que la comunidad MDE se ha centrado en el tema de la genericidad (por ejemplo: lenguajes de transformación



genéricos, técnicas de extensión genérica de meta modelado, mecanismos de definición genérica del lenguaje visual), la comunidad de MBUID se ha centrado en aspectos específicos de la interfaz (definición y refinamiento de tarea, diálogo y modelos de presentación). Aunque los conceptos centrales de ambos enfoques son similares basados en modelos (Meixner, Paternò y Vanderdonckt, 2011).

2.6. Tecnología Involucrada

2.6.1. Marco de desarrollo de modelado Eclipse (EMF)

El EMF es un marco de modelado y una instalación de generación de código para crear herramientas y otras aplicaciones basadas en un modelo de datos estructurados. A partir de una especificación de modelo descrita en XMI, EMF proporciona herramientas y soporte en tiempo de ejecución para producir un conjunto de clases Java para el modelo, junto con un conjunto de clases de adaptador que permiten la visualización y la edición del modelo basado en comandos, y un editor básico (Budinsky, Steinberg, Paternostro y Ed, 2018).

2.6.2. QVT

El QVT (Query/View/Transformation) es el estándar que la OMG propone para realizar transformaciones de modelo a modelo. Este metamodelo está compuesto por tres sublenguajes: QVT Operational Mappings, QVT Relations, y QVT Core. Estos sublenguajes se apoyan en OCL 2.0 como lenguaje de navegación y consulta de modelos (Durán Muñoz, Troya Castilla y Vallecillo Moreno, 2013).

2.6.3. Acceleo

Acceleo es un generador de código integrado en Eclipse que permite generar código para J2EE (Struts/Hibernate), Java, C#, PHP y Python a partir de modelos EMF.



El IDE para trabajar con Acceleo es bastante completo e incluye autocompletado del código a partir de los metamodelos de entrada y vista previa del resultado (Durán Muñoz et al., 2013).

CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo presenta una revisión sistemática de la literatura que tiene como finalidad determinar el estado actual de la investigación que se ha llevado a cabo en los últimos años y que puedan ser de utilidad para el logro de los objetivos propuestos en este trabajo. La Sección 3.1 detalla el método aplicado para la recolección de la información que es útil para la elaboración de este capítulo. La Sección 3.2 presenta la revisión sistemática sobre las tecnologías que se usan para la creación de interfaces utilizando modelos.

3.1. Método de revisión

Kitchenham y Charters (2007) proponen una metodología para la elaboración de estudios secundarios en la cual se establecen las pautas a seguir con la finalidad de hacer un estudio profundo del estado del arte referente a un tema determinado dentro del área de la Ingeniería de Software, los autores proponen la metodología en tres etapas: 1) planificación, 2) conducción y 3) reporte.

3.1.1. Planificación

La etapa de planificación está compuesta por seis pasos: i) establecimiento de las preguntas de búsqueda y sub-preguntas, ii) definición de la estrategia de búsqueda, iii) selección de estudios primarios, iv) aseguramiento de la calidad, v) definición de la estrategia de extracción de datos y vi) selección de métodos de síntesis.

3.1.1.1. Preguntas de investigación

Se plantea la siguiente pregunta de búsqueda para la revisión sistemática:



- ¿Qué herramientas, tecnologías o técnicas dirigidas por modelos se han usado para la creación de interfaces de usuario que incluyan atributos de accesibilidad y bajo que estándares o criterios se aplican?

Posteriormente se definen las sub-preguntas de búsqueda:

- ¿Qué métodos se han propuesto para la creación de interfaces de usuario mediante modelos y en qué tipo de aplicaciones se han utilizado?
- ¿Qué criterios de accesibilidad se deben tener en cuenta para la generación de interfaces de usuario?
- ¿Qué herramientas, tecnologías y estándares utiliza el desarrollo dirigido por modelos para la construcción de interfaces de usuario?
- ¿Cómo se está desarrollando actualmente la investigación sobre MDD para la construcción de interfaces de usuario?

El objetivo de las sub-preguntas de investigación es obtener información que permita determinar si existen propuestas en este campo de investigación y como se han utilizado, identificar los criterios de accesibilidad que se han tomado para la construcción de interfaces y que problemas se han abordado, saber la tendencia en las contribuciones de MDD en las herramientas para la construcción de interfaces (por ejemplo, MARIE, CIAT, MOFLON, CASSIS).

3.1.1.2. Estrategia de búsqueda

El estudio contempla las siguientes bibliotecas digitales para la revisión de búsquedas automáticas:

- ACM Digital Library
- IEEE Xplore Digital Library
- Science Direct

- Springer Link

Además, se incluyen búsquedas manuales en conferencias, revistas y libros:

- MODELS (Model Driven Engineering Languages and Systems)
- ICSE (Internal Conference on Software Engineering)

3.1.1.3. Cadena de búsqueda

Para realizar la búsqueda de los artículos científicos en las diferentes librerías, se plantea usar la siguiente cadena de búsqueda, teniendo en cuenta los operadores lógicos AND y OR, además de los términos alternativos como se muestra en la Tabla 3.1.

Concepto	Sub-String	Conector	Términos alternativos
User Interface	User interface	OR	UI
HCI	HCI	OR	Human computer interaction, WIMP
MDD	Model Driven Development	OR	Model Driven, Model Driven Development, Model Driven Engineering, Model Driven Architecture
Accessibility	Accessibility		
Cadena de búsqueda	("USER INTERFACE" OR "HCI" OR "UI" OR "HUMAN COMPUTER INTERACTION" OR "WIMP") AND ("MODEL DRIVEN" OR "MODEL DRIVEN DEVELOPMENT" OR "MODEL DRIVEN ARCHITECTURE" OR "MODEL DRIVEN ENGINEERING") AND ("ACCESSIBILITY")		

Tabla 3.1: Cadena de búsqueda. Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.4. Periodo de búsqueda

El periodo de revisión incluye estudios publicados entre el año 2007 y 2016. Esto debido al lanzamiento de iPhone por Apple en el 2007 (Ryan, 2013), lo que marcó una nueva era en la informática y significó una parte distintiva en las posibilidades de las interfaces de pantalla táctil (Orphanides y Nam, 2017).

3.1.1.5. Estrategia de extracción

La estrategia de extracción de datos fue definida descomponiendo cada pregunta de investigación en todos los criterios de extracción posibles. La descomposición en criterios facilita la extracción de datos y categorización de los estudios. Los criterios que fueron establecidos se detallan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Código	Criterio	Posibles Respuestas
RQ1: ¿Qué métodos se han propuesto para la creación de interfaces de usuario mediante modelos y cómo se han utilizado?		
EC1	Métodos	UWE, NDT, OO-H, Otros
EC2	Frameworks/Herramientas usadas	CAMALEON, UIDE, WISDOM, IDEALXML
EC3	Modelos usados	Tareas, Navegación, Objetos
EC4	Tipo de Aplicación	Servicio, Juegos, Redes Sociales, Otros
EC5	Ambiente de despliegue	Web, Móvil, Escritorio, Ubicuo, Otros
RQ2: ¿Qué criterios de accesibilidad se deben tener en cuenta para la generación de interfaces de usuario?		
EC6	Estándares de accesibilidad	WCAG 2.0, WCAG 2.1, IEC 9241, ISO/IEC 24751
EC7	Efecto	Sensorial, Perceptivo, Motor, Lingüístico, Cognitivo
EC8	Principios de accesibilidad (WCAG 2.1)	Perceptible, Operable, Comprensible, Robusto
RQ3: ¿Qué herramientas, tecnologías y estándares utiliza el desarrollo dirigido por modelos para la construcción de interfaces de usuario?		
EC9	UIDL	UsiXML, XML, XIIML, UIIML, UML, MARIA
EC10	Lenguajes de transformación M2M	ATL, QVT
EC11	Lenguajes de transformación M2T	Acceleo, JET, MOFScript, Xtent, EGL
EC12	Lenguajes de implementación	Java, Androide, C++
EC13	IDE	Eclipse, MagicDraw, Otros
EC14	Nivel de automatización	Manual, Semiautomática, Automática
EC15	Nivel de abstracción MDA(Favre, 2010)	CIM, PIM, PSM, ISM
RQ4: ¿Como se está desarrollando actualmente la investigación sobre MDD para la construcción de interfaces de usuario?		
EC16	Solución Planteada	Método, Arquitectura, Framework, Herramienta, Otro
EC17	Artefactos usados	Modelos, Código Fuente
EC18	Fase en la cual se basa el estudio	Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas



EC19	Métodos de validación	Casos de Estudio, Experimentos, Encuestas, Prototipo, No específica
EC20	Campo de aplicación	Académico, Industria
EC21	Metodología	Nuevo, Extensión

Tabla 3.2: Criterios de extracción posibles. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Ejecución de la revisión

3.1.2.1. Selección de estudios primarios

Una vez realizada la búsqueda manual y automática, se procede a analizar los resultados por los metadatos, título, resumen y palabras claves. De cada búsqueda se obtiene un número diferente de artículos correspondiente a cada librería para lo cual se realiza un proceso de filtrado.

Se incluyen los estudios que cumplan al menos uno de los siguientes criterios de inclusión:

- Estudios de métodos basados en modelos para la generación de interfaces de usuario.
- Estudios que presenten información de interfaces de usuario para personas con diferentes limitaciones.
- Estudios que presenten herramientas, frameworks, aplicaciones que ayuden en la creación de interfaces de usuario.

Se excluirán los estudios que cumplan al menos uno de los siguientes criterios de exclusión:

- Documentos introductorios para temas especiales libros y workshops.
- Informes duplicados del mismo estudio en diferentes fuentes.
- Trabajos cortos con menos de cinco páginas.
- Artículos no escritos en inglés.

La Tabla 3. 3 resume los resultados de las búsquedas, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

Bibliotecas digitales	Incluido	No Incluido	Porcentaje
Springer	13	402	48.15%
ACM	7	22	25.93%
IEEE	1	2	3.70%
Science Direct	5	42	18.52%
Búsquedas Manuales			
Models	1	37	3.70%
ICSE	0	15	0.00%
Total	27	520	100.00%

Tabla 3.3: Cantidades y porcentajes de estudios por librería. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.2. Aseguramiento de calidad del estudio

Además de los criterios generales de inclusión/exclusión, se considera esencial evaluar la calidad de los estudios primarios. Se utilizará un cuestionario basado en la escala de Likert de tres puntos para proporcionar una evaluación de calidad de los estudios seleccionados. El cuestionario incluye dos preguntas subjetivas cerradas y dos preguntas objetivas cerradas.

Las preguntas subjetivas son:

- ¿El estudio presenta temas sobre interfaces de usuario para personas con problemas de accesibilidad?
- ¿El estudio presenta temas sobre la construcción de interfaces de usuario utilizando MDD?

Las posibles respuestas a estas preguntas son: +1 estoy de acuerdo, 0 parcialmente y -1 no estoy de acuerdo.

Las preguntas objetivas son:

- ¿El estudio ha sido publicado en una revista o conferencia relevante?

Las posibles respuestas a esta pregunta son: +1 muy relevante, 0 relevante, -1 no es relevante. El orden de relevancia fue considerado de acuerdo con la conferencia en la cual el estudio se publicó, el ranking de la conferencia (A, B, C) y la lista JCR (Journal Citation Reports).

- ¿El estudio ha sido citado por otros autores?

Las posibles respuestas a esta pregunta son: +1 si el artículo ha sido citado por más de cinco autores, 0 si el artículo ha sido citado por 1-5 autores, -1 el artículo no ha sido citado.

La Tabla 3.4 resume las puntuaciones obtenidas. Cabe recalcar que estas puntuaciones no se usaron para excluir los documentos de la revisión sistemática de la literatura, sino para detectar estudios representativos para el análisis de cada sub-pregunta de investigación.

	Respuestas	Cantidad	Porcentaje
Interfaces Accesibles	1	12	44.44%
	0	7	25.93%
	-1	8	29.63%
Interfaces MDD	1	22	81.48%
	0	5	18.52%
	-1	0	0.00%
Revista o Conferencia	1	6	22.22%
	0	9	33.33%
	-1	12	44.44%
Citado	1	15	55.56%
	0	8	29.63%
	-1	4	14.81%

Tabla 3.4 Cantidades y porcentajes de valores de calidad. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.3. Extracción y síntesis de datos

De la búsqueda de los estudios en las bibliotecas digitales y considerando cada uno de los criterios de inclusión y exclusión para el filtrado de estudios científicos, se obtuvieron los resultados ilustrados en la Gráfico 3.1 donde se puede observar que la mayor cantidad de estudios se obtuvieron de la librería Springer.

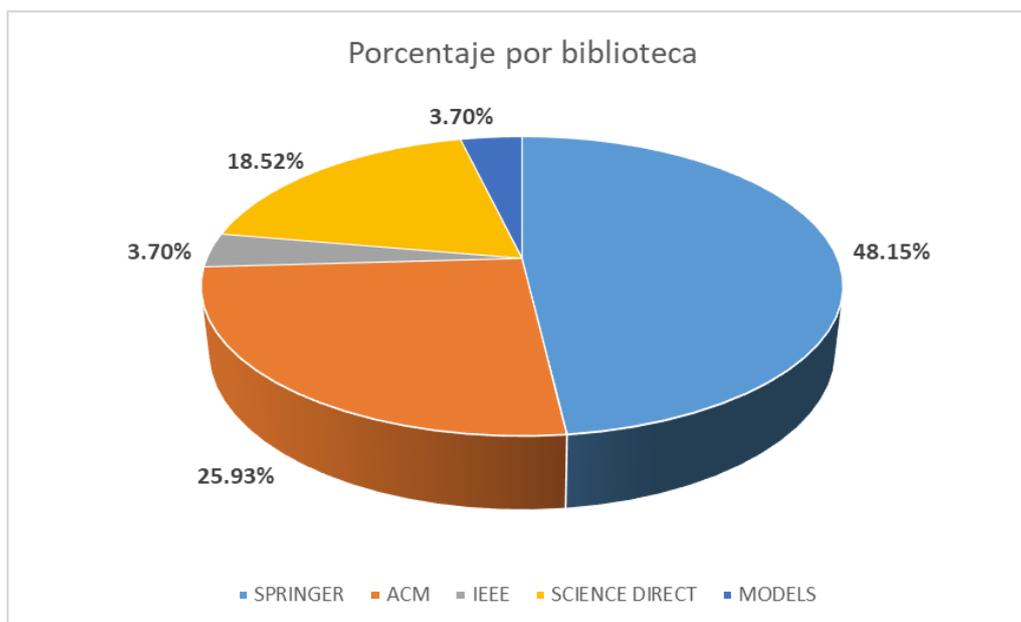


Gráfico 3.1: Porcentaje de estudios encontrados por librería. Fuente: Elaboración propia.

De los 27 estudios seleccionados, se han tomado los criterios más relevantes obteniendo los resultados finales que se muestran en histogramas, también se han obtenido los gráficos burbujas de estos criterios (el tamaño de la burbuja es proporcional al número de estudios que hablan sobre este criterio, están representados en un par de coordenadas (x, y)).

En el Gráfico 3.2 se presentan los porcentajes de los estudios en cuanto al tipo de aplicación a la que se orienta cada uno. El resultado principal es el ámbito de servicio, mientras que podemos observar que los estudios no se aplican a juegos, así como tampoco a redes sociales. El Gráfico 3.3 muestra los porcentajes de estudios en cuanto a ambientes de despliegue de las aplicaciones, donde el ambiente más usado en los estudios es el Web y existe un nulo despliegue en ambientes móviles.

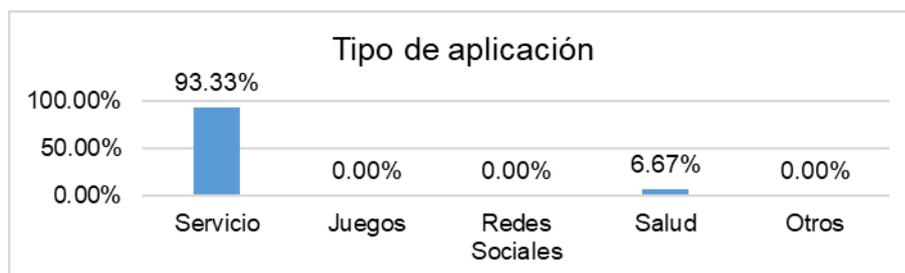


Gráfico 3.2: Porcentajes de criterio EC4. Fuente: Elaboración propia.

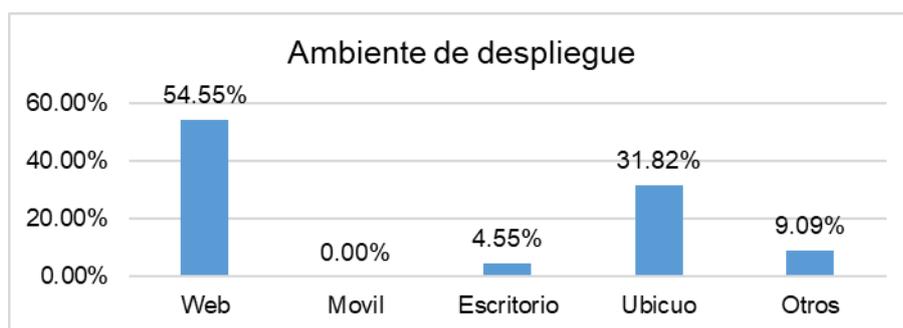


Gráfico 3.3: Porcentajes de criterio EC5. Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 3.4 se presentan los porcentajes de los estándares de accesibilidad usados, aquí podemos observar que el estándar más usado es el WCAG 2.0 mientras que la versión más actual del mismo, el WCAG 2.1 presenta un 0% de uso. En el Gráfico 3.5 tenemos que el mayor porcentaje de efectos de accesibilidad en los estudios se presenta en efectos perceptivos y lingüísticos, mientras que los demás efectos tienen un nivel bajo de uso en equidad.

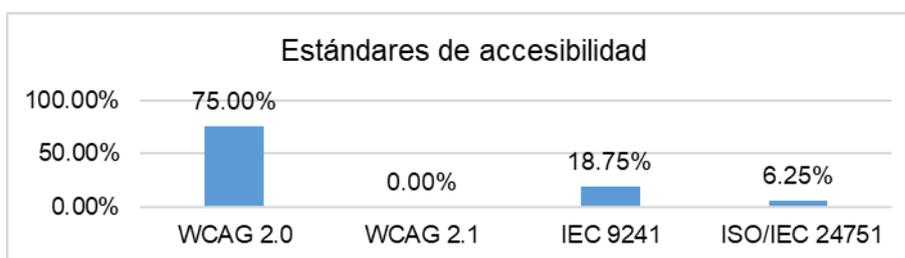


Gráfico 3.4: Porcentajes de criterio EC6. Fuente: Elaboración propia.

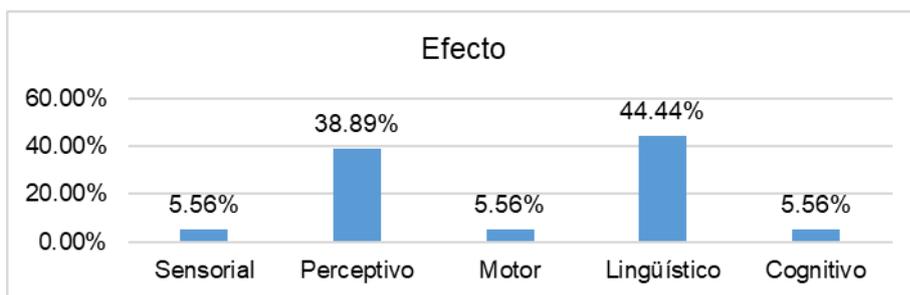


Gráfico 3.5: Porcentajes de criterio EC7. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los principios de accesibilidad que manejan los estudios la mayoría se centran en el principio operable como se muestra en el Gráfico 3.6. En cuanto a los lenguajes de descripción de interfaces de usuario (UIDL por sus siglas en inglés) usados por los estudios el mayor porcentaje usa el lenguaje UML, ilustrado en el Gráfico 3.7.

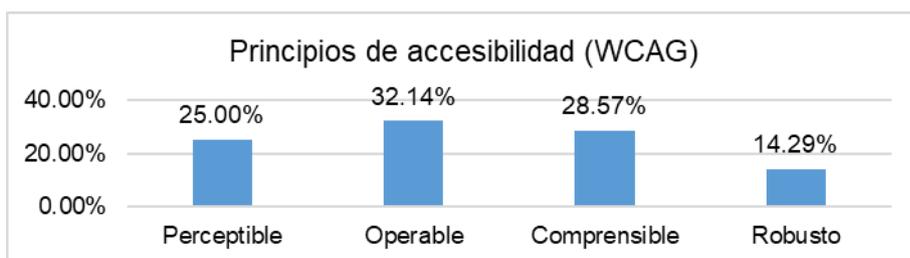


Gráfico 3.6: Porcentajes de criterio EC8. Fuente: Elaboración propia.

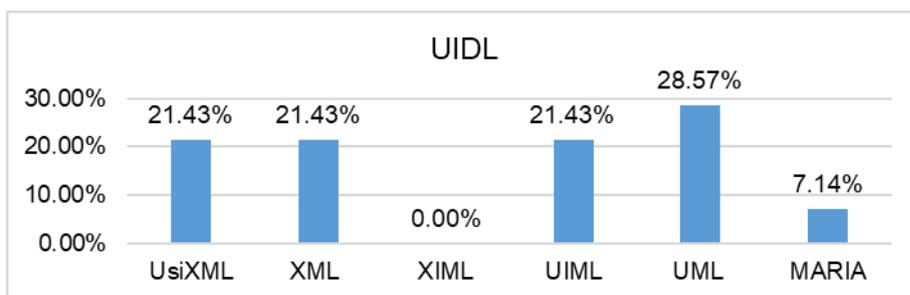


Gráfico 3.7: Porcentajes de criterio EC9. Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 3.8 tenemos que el mayor porcentaje de estudios usan un nivel de abstracción PIM, mientras ningún estudio presenta abstracción ISM. En cuanto a la fase en la que se basa el estudio el mayor porcentaje se presenta en el análisis y diseño, mientras que la fase de pruebas es la de menor porcentaje, según el Gráfico 3.9.

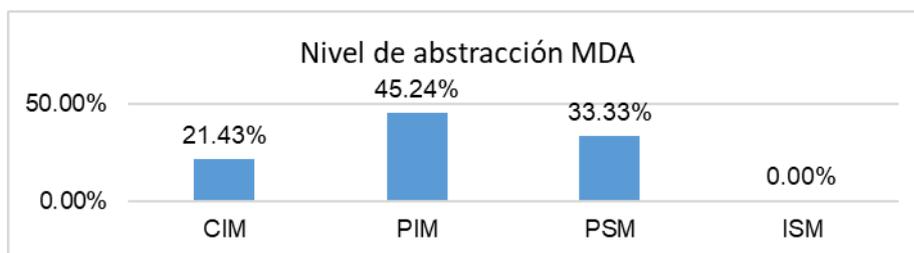


Gráfico 3.8: Porcentajes de criterio EC15. Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 3.9: Porcentajes de criterio EC18. Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 3.10 presenta en el eje de las ordenadas superior EC6: estándares de accesibilidad, en el eje ordenado inferior se tiene EC7: efecto de accesibilidad, en el eje de las abscisas de lado izquierdo se tiene EC5: ambiente de despliegue, y de lado derecho EC9: UIDL, teniendo que la mayoría de estudios se centran en ambientes web sobre el estándar de accesibilidad WCAG 2.0, mediante lenguajes UML acerca de efectos perceptivos, también se tienen varios estudios de ambientes web sobre efectos lingüísticos.

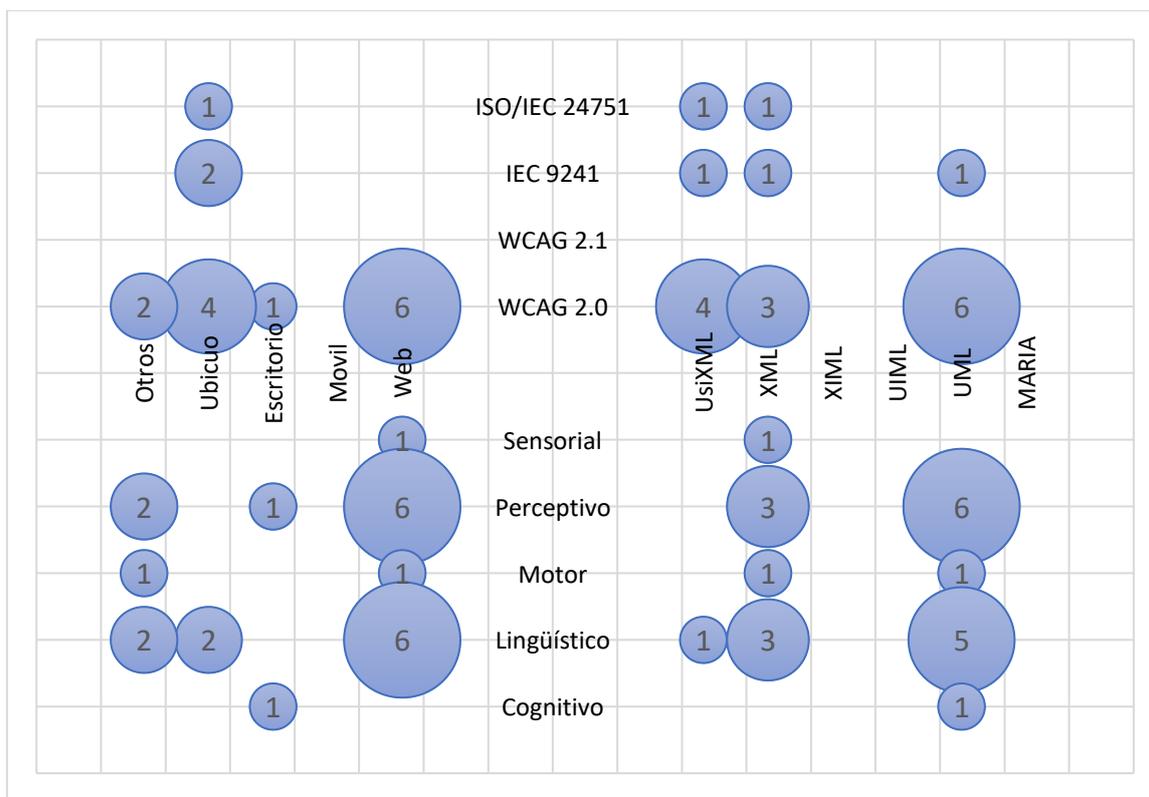


Gráfico 3.10: Gráfico burbuja de EC5, EC6, EC7 y EC9. Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 3.11 presenta en el eje ordenado EC18: fase en la que se basa el estudio, en el eje de las abscisas izquierdo a EC8: principios de accesibilidad, en el eje de las abscisas derecho se presenta EC7: efecto de accesibilidad; de donde obtenemos que existe más cantidad de estudios orientados a la fase de análisis tanto en el efecto perceptivo, así como en el principio accesible de operabilidad, es observable también que los estudios basándose en la fase de análisis se centran en los principios de accesibilidad comprensible y perceptible y en el efecto lingüístico.

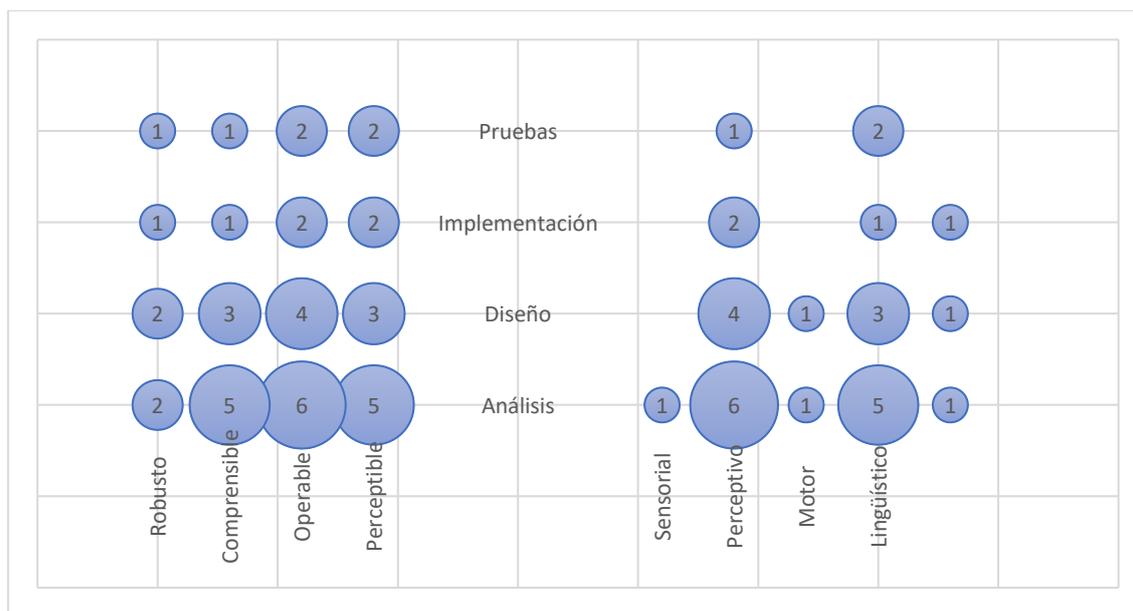


Gráfico 3.11: Gráfico burbuja de EC7, EC8 y EC18. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en el Gráfico 3.12 en las ordenadas se representa a EC5: ambientes de despliegue, en el eje de las abscisas del lado izquierdo a EC8: principios de accesibilidad, y del lado derecho a EC15: nivel de abstracción MDA; tenemos de este grafico que los estudios se han centrado en ambientes web, en niveles de abstracción PIM, tanto en el principio de accesibilidad comprensible y operable, así como también podemos deducir que estudios centrados en ambientes móviles no presentan relaciones con principios de accesibilidad ni con algún nivel de abstracción.

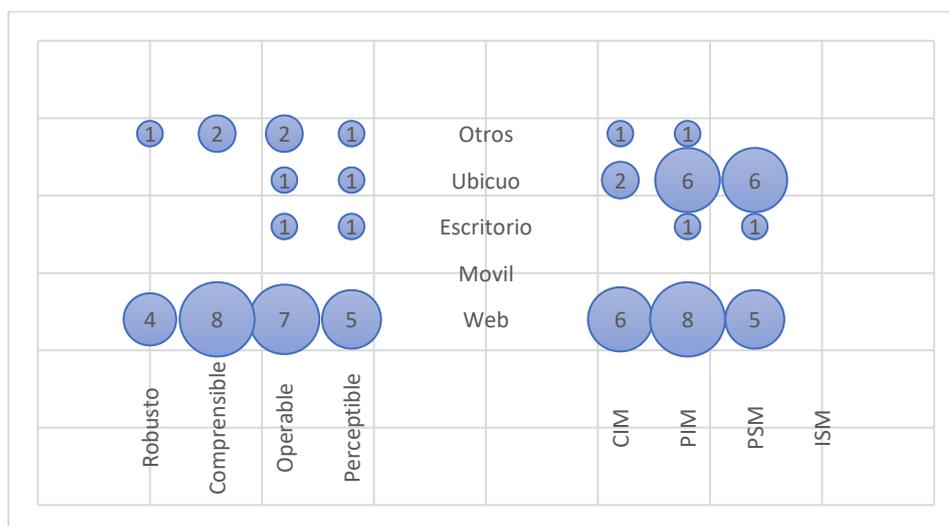


Gráfico 3.12: Gráfico burbuja de EC5, EC8 y EC15. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en el Gráfico 3.13 se tiene en el eje de las ordenadas se representa a EC15: nivel de abstracción MDA, en el eje de las abscisas izquierdo esta EC8: principios de accesibilidad y del lado derecho a EC9: UIDL; se tiene así que la mayoría de estudios aplican el nivel de abstracción PIM mediante el lenguaje UML, así como el principio de accesibilidad operable, también se tienen estudios que aplican el nivel PIM con el principio perceptible y comprensible, se puede notar también que no se aplica el lenguaje XIML ni el nivel de abstracción ISM.

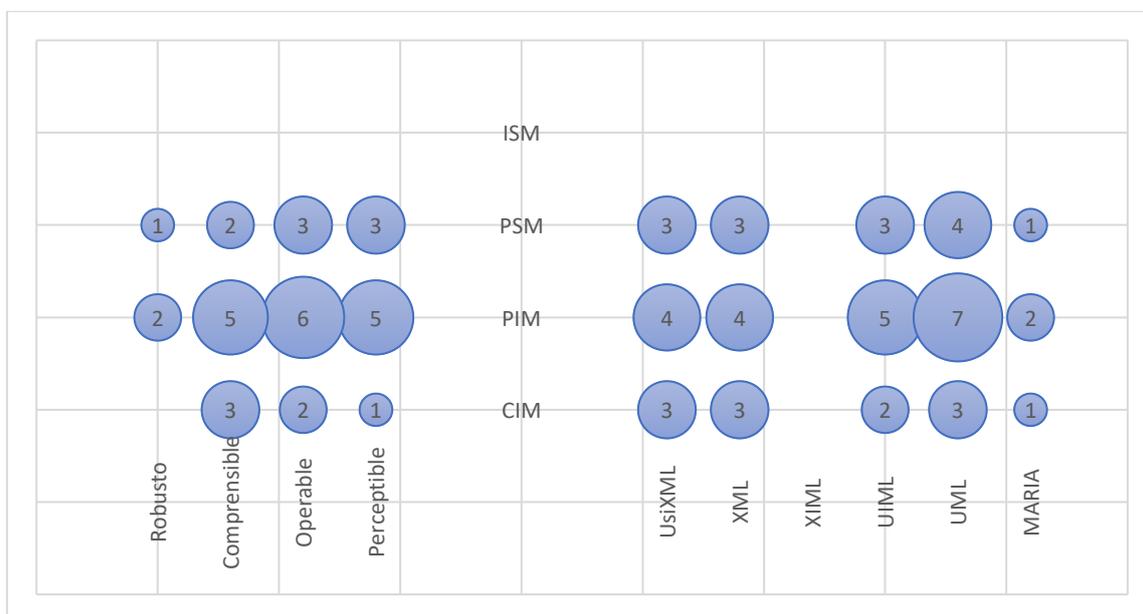


Gráfico 3.13: Gráfico burbuja de EC8, EC9 y EC15. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Reporte de la revisión

3.2.1. Discusión

Una vez concluida la tabulación de los resultados y después de un análisis, en la Tabla 3.5 se muestra un resumen de los datos totales de cantidad y porcentaje de estudios clasificados por los criterios de extracción y sus posibles respuestas.



Código	Criterio	Posible Respuesta	#	%
			Estudios	Porcentaje
RQ1: ¿Qué métodos se han propuesto para la creación de interfaces de usuario mediante modelos y cómo se han utilizado?				
EC1	Métodos	UWE	1	3.70%
		NDT	0	0.00%
		OO Based	1	3.70%
		Otros	8	29.63%
EC2	Frameworks/Herramientas usadas	CAMALEON	6	22.22%
		UIDE	0	0.00%
		WISDOM	0	0.00%
		EMF	4	14.81%
		IDEALXML	1	3.70%
		Otros	6	22.22%
EC3	Modelos Usados	Tareas	8	29.63%
		Navegación	0	0.00%
		Presentación	3	11.11%
		Objetos	4	14.81%
		Otros	0	0.00%
EC4	Dominio resuelto	Servicio	14	51.85%
		Juegos	0	0.00%
		Redes Sociales	0	0.00%
		Salud	1	3.70%
		Otros	0	0.00%
EC5	Ambiente de despliegue	Web	12	44.44%
		Móvil	0	0.00%
		Escritorio	1	3.70%
		Ubicuo	7	25.93%
		Otros	2	7.41%
RQ2: ¿Qué criterios de accesibilidad se deben tener en cuenta para la generación de interfaces de usuario?				
EC6	Estándares de accesibilidad	WCAG 2.0	12	44.44%
		WCAG 2.1	0	0.00%
		IEC 9241	3	11.11%
		ISO/IEC 24751	1	3.70%
EC7	Efecto	Sensorial	1	3.70%
		Perceptivo	7	25.93%
		Motor	1	3.70%
		Lingüístico	8	29.63%
		Cognitivo	1	3.70%
EC8	Principios de accesibilidad (WCAG 2.1)	Perceptible	7	25.93%
		Operable	9	33.33%
		Comprensible	8	29.63%
		Robusto	4	14.81%



RQ3: ¿Qué herramientas, tecnologías y estándares utiliza el desarrollo dirigido por modelos para la construcción de interfaces de usuario?

EC9	UIDL	UsiXML	6	22.22%
		XML	6	22.22%
		XIML	0	0.00%
		UIML	6	22.22%
		UML	8	29.63%
		MARIA	2	7.41%
EC10	Lenguajes de transformación M2M	ATL	1	3.70%
		QVT	0	0.00%
EC11	Lenguajes de transformación M2T	Acceleo	0	0.00%
		JET	0	0.00%
		MOFScript	0	0.00%
		Xtent	0	0.00%
		EGL	0	0.00%
EC12	Lenguajes de implementación	Java	4	14.81%
		C++	1	3.70%
		Java Script	1	3.70%
		Lenguajes basados en typescript	0	0.00%
		Objective C	1	3.70%
		Otros	7	25.93%
EC13	IDE	Eclipse	4	14.81%
		Magic Draw	0	0.00%
		Intellij IDEA	0	0.00%
		Otros	2	7.41%
EC14	Nivel de automatización	Manual	0	0.00%
		Semiautomática	5	18.52%
		Automática	2	7.41%
EC15	Nivel de abstracción MDA	CIM	9	33.33%
		PIM	19	70.37%
		PSM	14	51.85%
		ISM	0	0.00%

RQ4: ¿Como se está desarrollando actualmente la investigación sobre MDD para la construcción de interfaces de usuario?

EC16	Solución Planteada	Método	3	11.11%
		Arquitectura	0	0.00%
		Framework	1	3.70%
		Herramienta	1	3.70%
		Otros	3	11.11%
EC17	Artefactos usados	Modelos	5	18.52%
		Código fuente	1	3.70%
EC18	Fase en la cual se basa el estudio	Análisis	8	29.63%
		Diseño	8	29.63%
		Implementación	5	18.52%



		Pruebas	4	14.81%
EC19	Métodos de validación	Casos de Estudio	7	25.93%
		Experimentos	1	3.70%
		Encuestas	0	0.00%
		Prototipo	3	11.11%
		No especifica	3	11.11%
EC20	Campo de aplicación	Académico	6	22.22%
		Industrial	4	14.81%
EC21	Metodología	Nuevo	5	18.52%
		Extensión	5	18.52%

Tabla 3.5: Cantidades y porcentajes de estudios clasificados por criterios. Fuente: Elaboración propia.

Se revisará los datos de los estudios de acuerdo con los criterios que se han considerado más importantes:

EC4: Tipo de aplicación

Se presentan 14 estudios de aplicaciones de servicio, entre ellos Vieritz, Jeschke y Pfeiffer (2011) que presenta una aplicación de e-learning para el manejo de clases permitiendo al alumno asistir a clases, otra opción de e-learning es Bouraoui y Gharbi (2019) que da funciones esenciales de edición de texto, ingreso de tablas e imágenes y adjuntar archivos en las clases. Existen opciones para usuarios visualmente discapacitados como la propuesta por Zouhaier, Hlaoui y Ayed (2017) que presenta una interfaz de usuario para reservaciones en un hotel tomando en cuenta modalidades de interacción para usuarios visualmente discapacitados y la de Bouraoui y Soufi (2007) que también toma en cuenta esta discapacidad en una aplicación de compra y búsqueda de libros.

Algunas investigaciones y artículos presentan aplicaciones de servicio, centrándose en la capacidad de generación de interfaces adaptadas por transformaciones de modelos como las propuestas de Miñón, Moreno y Abascal (2013), Miñón, Moreno, Martínez, y Abascal (2014), Bittar, Lobato, Fortes y Neto (2010) González-García, Moreno y Martínez (2014), Iñesta, Aquino y Sánchez (2009).



EC5: Ambiente de despliegue y EC6: Estándares de accesibilidad

Tomando en cuenta el estándar para accesibilidad web WCAG 2.0, lo principal de este es la formulación independiente de la tecnología (Vieritz, Jeschke, et al., 2011) ya que en cuanto a ambiente de despliegue se tiene que 12 estudios se han desarrollado en ambiente Web, de los cuales la mitad han aplicado el estándar WCAG 2.0 como el caso de Vieritz, Jeschke, et al. (2011) que usan el estándar WCAG 2.0 dentro del análisis para una aplicación web de lectura que maneja efectos perceptivos controlando diseño de texto, encabezado, colores y contrastes, así como a nivel lingüístico permite el uso de lector de pantalla para navegación. Vieritz, Schilberg y Jeschke (2013) usan principios abstractos para análisis y diseño de aplicaciones web sobre recomendaciones de accesibilidad que usan el estándar WCAG 2.0 y un modelo de navegación adaptado para diferentes tipos de accesibilidad, así como un lector de pantalla para vista previa y navegación. La propuesta de Vieritz, Yazdi, et al. (2011) apoya al diseño de UI en aplicaciones web y sistemas de automatización industrial usando el estándar WCAG 2.0, tomando en cuenta impedimentos del usuario como, la visión, oído, motor y conocimiento para lo cual refuerzan la interacción visual y el alto contraste de los elementos de UI. Bouraoui y Soufi (2007) implementan controles no visuales, como ejemplo desarrolla una aplicación web dinámica que permite a los usuarios ciegos la búsqueda y compra de libros, en cuanto a efectos usan el reconocimiento de componentes mediante síntesis de voz y permitir el uso de pantalla braille y en cuanto a lingüística permite el reconocimiento de voz.

Otros estudios con relación al ambiente web son los de Sukaviriya, Sinha, Ramachandra y Mani (2007), Shachor et al. (2011), Diep, Tran y Tran (2013) y Fernandez, Abrahão y Insfran (2011).



En cuanto a otros ambientes se encuentran varios estudios que se centran en un ambiente ubicuo como Miñón et al. (2013), que mediante una herramienta generan elementos accesibles de acuerdo a requisitos detallados tomando en cuenta requisitos relevantes de los estándares de accesibilidad WCAG 2.0 e ISO 9241-171. De acuerdo al trabajo de González-García et al. (2014), el idioma y el entorno permiten a los diseñadores seleccionar entre varias plataformas (ambiente ubicuo), así como es importante destacar la Directriz 1.2 de WCAG 2.0, esta directriz establece que el contenido de video debe estar acompañado de alternativas de medios como subtítulos (o subtítulos para personas sordas), descripción de audio, lenguaje de señas, etc.

EC 7: Efecto y EC18: Fase

En los resultados de los criterios anteriores se mencionaron los trabajos de Vieritz, Yazdi, Jazdi, Schilberg y Jeschke (2013), Vieritz, Yazdi, et al. (2011), Vieritz, Schilberg, et al. (2013), Vieritz, Jeschke, et al. (2011), que constan con características de efectos perceptivos y lingüísticos, los mismos que presentan el mayor porcentaje de estudios, así como se centran en la fase de análisis, siendo esta la fase con mayor cantidad de estudios, los dos últimos estudios mencionados también se centran en la fase de diseño.

Se ha encontrado también otros estudios que se centran en efectos perceptivos y lingüísticos como el de Vieritz, Yazdi, et al. (2013), que permiten la reutilización de un diseño de comunicación para diferentes interfaces de usuario como dispositivos Braille o reconocimiento de voz, integrado mediante la modularización XHTML para la interacción con el usuario, y asesoramiento para usuarios con discapacidad visual, los requerimientos de accesibilidad se resumen en criterios derivados de WCAG 2.0.

En el trabajo presentado por Zouhaier et al. (2017) en cuanto al efecto perceptivo utiliza modalidad vocal para usuarios con ceguera, y en efecto lingüístico permite un



micrófono para entrada de voz y un altavoz para salida, en cuanto a las fases, en el análisis presentan un desarrollo de diferentes metamodelos de acuerdo a un perfil de discapacidad, en base al cual se pasa de un metamodelo general a uno específico, por último se implementa un ejemplo.

EC8: Principios de accesibilidad, EC9: UIDL, EC15: Nivel de abstracción

En cuanto a principios de accesibilidad la mayoría de los estudios se centran en el principio operable, el criterio de UIDL más usado es UML, los niveles de abstracción mayormente usados son PIM y PSM.

Tomando en cuenta estos criterios se debe tomar en cuenta el trabajo realizado por Zouhaier et al. (2017), que para el principio operable permite otra modalidad de entrada como un micrófono, en cuanto a niveles de abstracción propone una transformación para adaptación abstracta que toma cualquier modelo de interfaz en base a un perfil de discapacidad de usuario, siendo este un modelo PIM en base a lenguaje UML obteniendo una UI adaptada, con la UI se realiza la transformación de PIM a PSM. Bouraoui y Soufi (2007) presentan un trabajo que cubre los cuatro principios de accesibilidad, para el principio perceptible se permite al usuario identificar los componentes de la interfaz mediante un sintetizador de voz, en cuanto al principio operable el usuario puede navegar mediante el teclado, realizan una evaluación que da como resultado que la aplicación es comprensible, al ser entendible y fácil de usar, y es robusto al tener un contenido que se puede interpretar usando tecnología de asistencia; este trabajo tiene componentes de control diseñados mediante UML independiente de la plataforma, es decir el modelo PIM que luego se transforma en uno o más modelos PSM.

Para el diseño de modelos y las transformaciones Zouhaier et al. (2017), usa perfiles de usuario que especifican las discapacidades, también los trabajos de Miñón

et al. (2013), Zouhaier, Hlaoui y Ayed (2015), Hlaoui et al. (2019) estos trabajos se basan en los perfiles de usuario para la creación de modelos PIM que luego se convierten en los modelos específicos PSM.

3.2.2. Estudio demográfico

El país con más estudios encontrados es Túnez con un 22.22%, y luego de este tenemos a Alemania y España ambos con un 18.52%. El Gráfico 3.14 muestra el hallazgo demográfico completo).

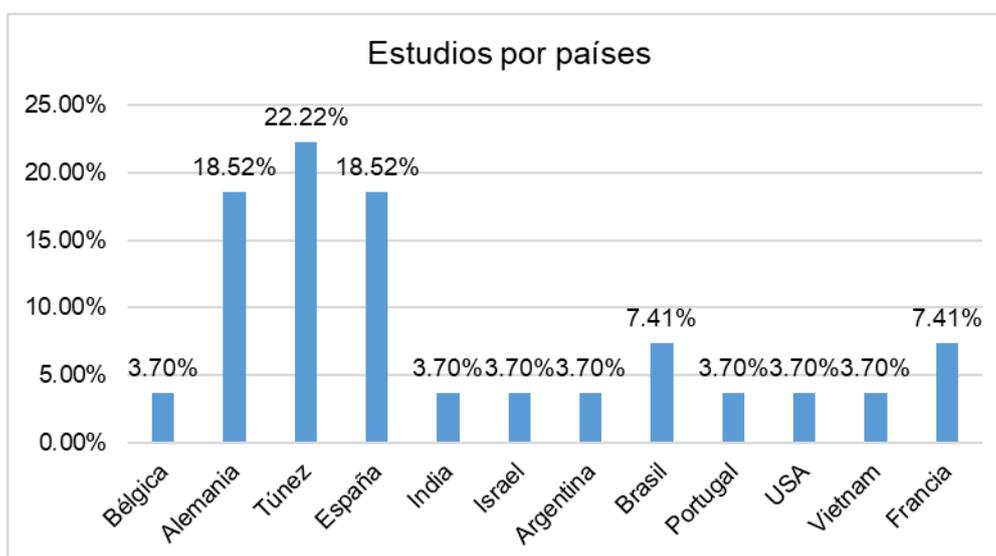


Gráfico 3.14: Porcentajes de estudios encontrados por país. Elaboración propia.

En cuanto a los años en que los estudios fueron realizados, el año con mayor producción científica en el área fue el 2011 con un 22.22%, mientras que en el 2019 solo se obtuvieron el 7.41% de los estudios. El Gráfico 3.15 muestra el porcentaje de estudios encontrados por año.



Gráfico 3.15: Porcentaje de estudios por año. Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO 4. MÉTODO DE CREACIÓN DE INTERFACES DE USUARIO TÁCTILES ACCESIBLE UTILIZANDO MDD

En este capítulo se aborda el método de creación de interfaces de usuario accesible utilizando MDD (MBAUI) creado con el objetivo de brindar un instrumento perteneciente a la ingeniería de software que sirva de base para la construcción de interfaces de usuario accesibles.

Para la creación del método MBAUI, se toma de base el estándar ISO/IEC 71, lanzado el 1 de diciembre del 2014.

Estándar ISO/IEC 2014 Guía para abordar la accesibilidad en normas: Proporciona orientación para desarrollar y escribir requerimientos y recomendaciones de accesibilidad apropiados en las normas. Aunque su público objetivo son los desarrolladores de estándares, esta guía contiene información que es útil para otras personas como fabricantes, diseñadores, proveedores de servicios y educadores. Esta guía pretende ser parte del marco general que los organismos de normalización pueden utilizar en sus esfuerzos para apoyar el desarrollo de sistemas que se adapten a las necesidades de diversos usuarios.

4.1. Definición de SPEM

SPEM 2.0 es un lenguaje de metamodelado especificado por la Object Management Group (OMG) y basado en Meta Object Facility (MOF) definido como un metamodelo de Uniform Model Language (UML).

SPEM 2.0 propone conceptos que son genéricos para describir procesos de desarrollo basados en modelos. En este contexto, se hace uso de las representaciones gráficas definidas en el Anexo 1.



4.2. MBAUI: Model-Based Accessible User Interface

El método propuesto en el presente trabajo de titulación con el fin de guiar el proceso de construcción de interfaces utilizó el lenguaje de metamodelado SPEM 2.0 y sus especificaciones para representar de manera gráfica el método MBAUI como un método de ingeniería de software de acuerdo a la Figura 4.1.

A continuación, se mencionan los métodos que han sido tomados en cuenta para el desarrollo de MBAUI.

- El proceso UCD: consta de las siguientes etapas: Especificar el contexto de uso, especificar requisitos, producir soluciones de diseño, evaluación.
- MASTER: consta de las siguientes fases captura de requerimientos del usuario, definición del contexto PIM, especificación de Requerimientos PIM, análisis PIM. diseño. código e integración, pruebas, despliegue.

El método incorpora las decisiones de accesibilidad y combina la orientación sobre construir sistemas que sean accesibles para diversos usuarios. En la Figura 4.1 se pueden observar las principales fases del método, los roles involucrados en la realización y cumplimiento de las actividades dentro de cada fase y las guías y productos de trabajo que las definen.

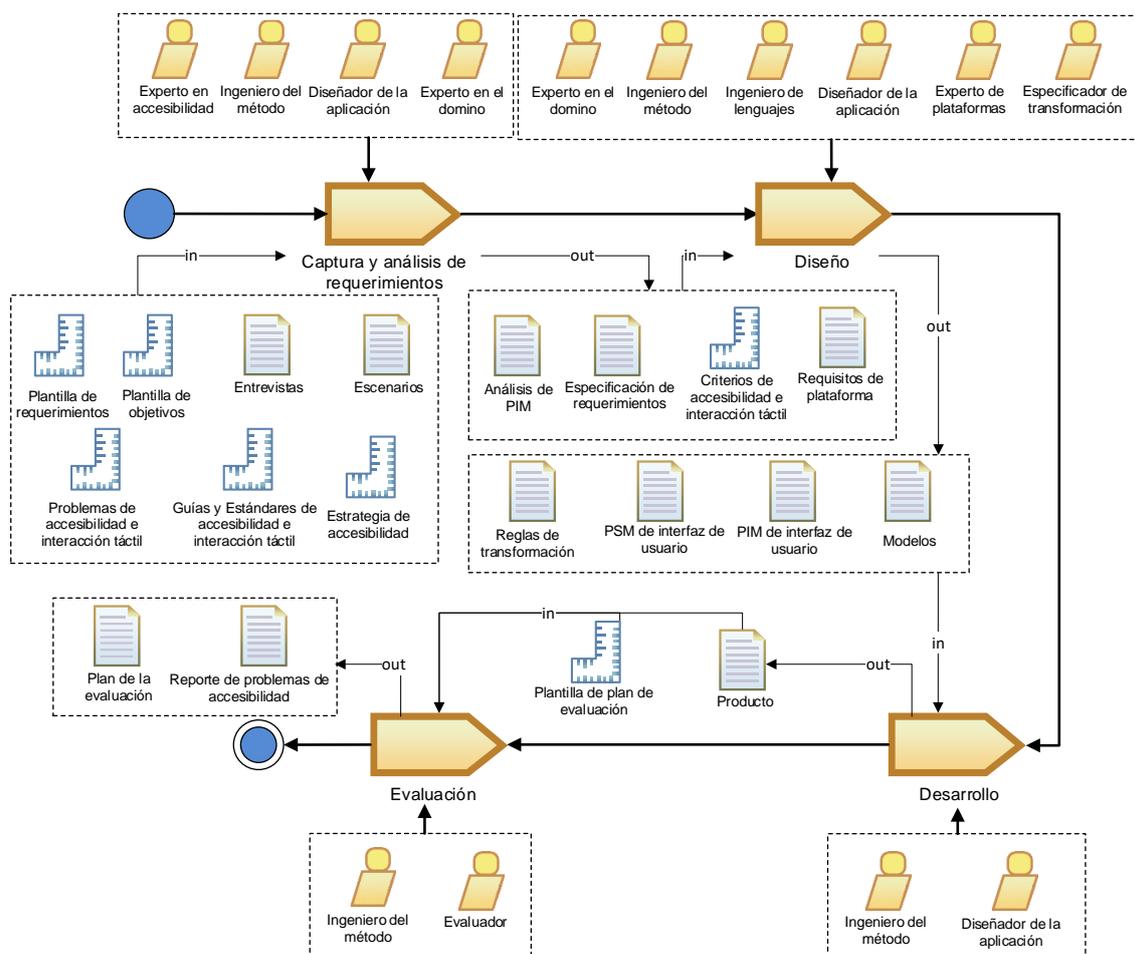


Figura 4.1: MBAUI Fuente: Elaboración propia

Los modelos utilizados en este método son principalmente los Modelos Independientes de la Plataforma (PIM) y el Modelo Específico de Plataforma (PSM). Otros modelos que se comentan son el Modelo Independiente Computacional (CIM) y el Modelo de la Implementación (código).

Un PIM es un modelo con un alto nivel de abstracción que es independiente de cualquier tecnología o lenguaje de implementación. Dentro del PIM el sistema se modela desde el punto de vista de cómo se soporta mejor al negocio, sin tener en cuenta cómo va a ser implementado: ignora los sistemas operativos, los lenguajes de programación, el hardware, la topología de red, etc. Por lo tanto, un PIM puede luego ser implementado sobre diferentes plataformas específicas (Pons et al., 2016).



Como siguiente paso, un PIM se transforma en uno o más PSMs. Cada PSM representa la proyección del PIM en una plataforma específica. Un PIM puede generar múltiples PSMs, cada uno para una tecnología en particular. Generalmente, los PSMs deben colaborar entre sí para una solución completa y consistente. Por ejemplo, un PSM para Java contiene términos como clase, interfaz, etc. Un PSM para una base de datos relacional contiene términos como tabla, columna, clave foránea, etc. (Pons et al., 2016).

Un CIM es una vista del sistema desde un punto de vista independiente de la computación. Un CIM no muestra detalles de la estructura del sistema. Usualmente al CIM se lo llama modelo del dominio y en su construcción se utiliza un vocabulario que resulta familiar para los expertos del dominio en cuestión. Se asume que los usuarios a quienes está destinado el CIM - los expertos de dominio - no poseen conocimientos técnicos acerca de los artefactos que se usarán para implementar el sistema. El CIM juega un papel muy importante en reducir la brecha entre los expertos en el dominio y sus requisitos, por un lado, y los expertos en diseñar y construir artefactos de software por el otro (Pons et al., 2016).

El paso final en el desarrollo es la transformación de cada PSM a código fuente. Ya que el PSM está orientado al dominio tecnológico específico, esta transformación es bastante directa (Pons et al., 2016).

A continuación, se describe cada fase del método con sus respectivos roles, actividades, guías y productos.

4.1.1. Fase captura de análisis y requerimientos

Esta fase se divide en las siguientes subfases: identificación de requerimientos, comprensión del contexto, análisis del usuario, especificación de accesibilidad,

establecimiento de requerimientos y análisis PIM cuyas entradas y salidas se detallan en la Figura 4.2.

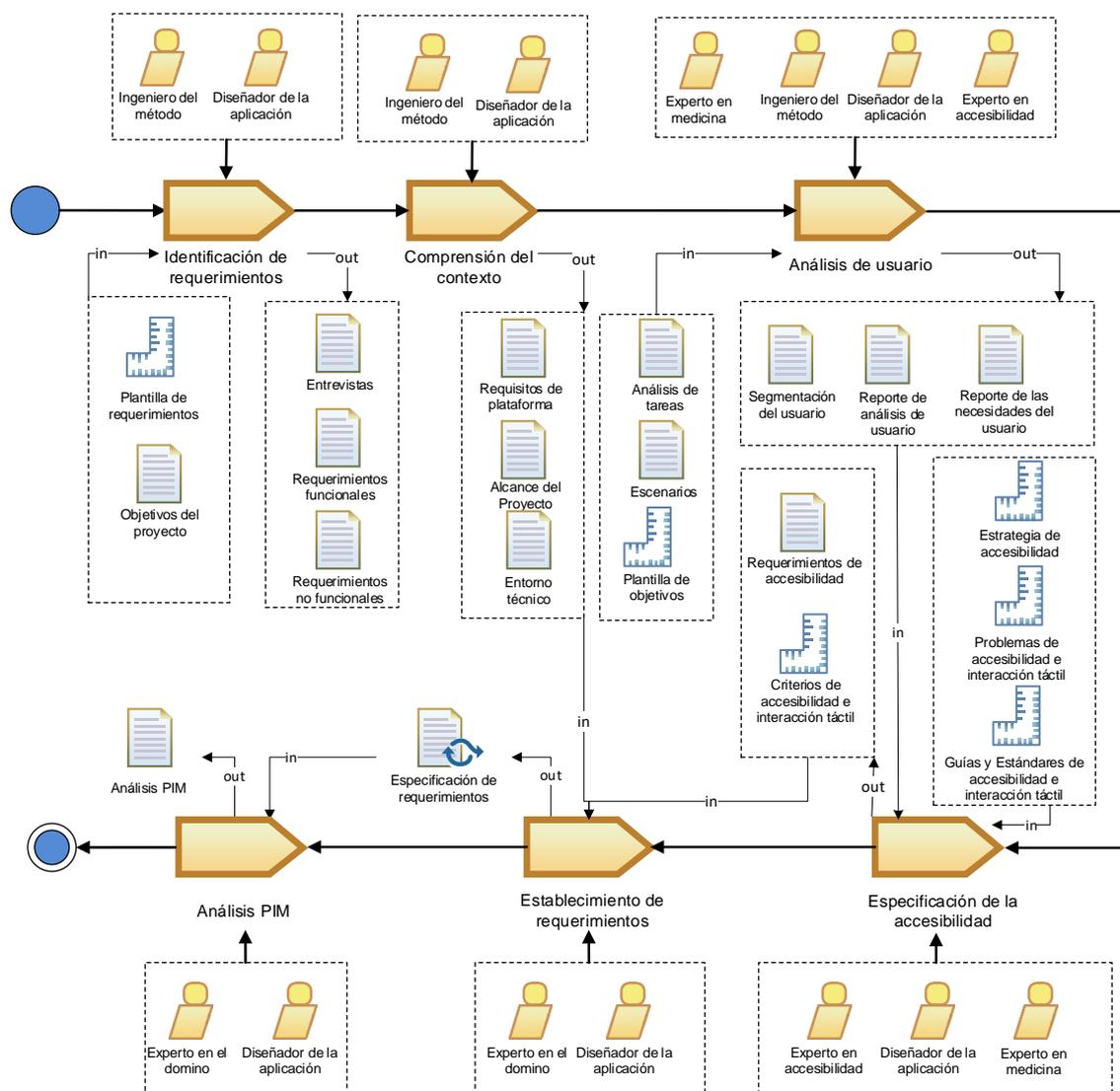


Figura 4.2: Fase de análisis. Fuente: Elaboración Propia

La *identificación de requerimientos* se basa en el trabajo del diseñador de aplicación e ingeniero de métodos. El objetivo de esta fase es obtener, aceptar y documentar los requisitos del cliente que el software necesita cumplir. Esto incluye establecer un entendimiento común con el cliente en requisitos funcionales y no funcionales.



La *comprensión del contexto* se soporta en el trabajo del ingeniero de métodos y el diseñador de la aplicación. En esta fase se identifica el entorno técnico, características de hardware y software, los materiales, así como se define el alcance del sistema de software a desarrollar. El diseñador de la aplicación genera el artefacto llamado características del contexto.

El *análisis del usuario* se basa en el trabajo del diseñador de la aplicación, el experto en accesibilidad y el experto en medicina, los cuales identifican los usuarios potenciales, los objetivos y tareas del usuario, y las necesidades del usuario. En esta tarea al seleccionar la técnica de análisis de usuario se deben incluir criterios de accesibilidad, al identificar las necesidades del usuario se debe tener una o varias fuentes de información sobre las capacidades y características humanas y las consecuencias de los impedimentos, incluidas las consideraciones de diseño de accesibilidad. Los artefactos de entrada son: escenarios, plantilla análisis de tareas, plantilla de objetivos. Los artefactos generados en esta tarea son: reporte de análisis del usuario, segmentación de los usuarios, requerimientos de los usuarios, reporte de las necesidades del usuario.

La *especificación de la accesibilidad* se soporta en el trabajo del diseñador de aplicación, el experto en accesibilidad y el experto en medicina, en esta subfase se seleccionan la(s) estrategia(s) de accesibilidad, para identificar las características, atributos y requerimientos necesarios para que el sistema sea accesible. Una subtarea es la verificación de requerimientos de accesibilidad, se debe verificar que la accesibilidad se ha abordado adecuadamente. Además, debe confirmar que los requerimientos relacionados a la accesibilidad sean consistentes en caso de no serlo se debería regresar a la fase anterior. Los artefactos de entrada de esta fase son los obtenidos de la



tarea anterior y la estrategia de accesibilidad. En esta tarea se genera el artefacto reporte de estrategia en el que se incluyen requerimientos relacionados a la accesibilidad.

El *establecimiento de los requerimientos* se soporta en el trabajo del ingeniero de métodos y el diseñador de la aplicación. En esta fase se especifican los requerimientos en base de los artefactos generados en las tareas anteriores. Los artefactos de entrada son los documentos de tareas anteriores y la plantilla de requerimientos. El artefacto que se actualiza es el documento de especificación de requerimientos.

El *análisis de PIM* se soporta en el trabajo del ingeniero de métodos y el diseñador de aplicación. En esta fase se modela la vista interna del sistema sin ninguna consideración tecnológica, se identifican diferentes perspectivas del sistema a ser modelado. Se decide si se modela la funcionalidad, comportamiento o estructura en modelos de caso de uso, diagramas de estado y diagramas de clase respectivamente. Se describe las funcionalidades del sistema en los diagramas, los objetos con clases, las funciones con operaciones, así como las interfaces.

4.1.1.1. Roles en la fase de análisis

Los roles que deben asumir los actores para la utilización del método son:

Ingeniero de métodos

Oyvind y Solheim (2004), precisa que la responsabilidad del ingeniero de métodos es identificar y organizar las actividades necesarias en el proyecto de desarrollo de software MDD.



Diseñador de la aplicación

Acorde a Oyvind y Solheim (2004), se encarga de la captura de requerimientos, diseño arquitectónico, codificación y prueba son todas las actividades realizado por el diseñador de la aplicación. En la configuración MDD el diseñador de la aplicación necesita comprender las transformaciones que se utilizan durante la construcción de la aplicación para que se conozcan las consecuencias de las diferentes opciones de diseño.

Experto del dominio

Oyvind y Solheim (2004), define que el experto del dominio posee conocimiento detallado del dominio de la aplicación y es capaz de abstraer y categorizar los conceptos requeridos y sus relaciones con el dominio. En MDD, el experto en dominios también debería poder capturar este conocimiento en un modelo de dominio que puede usarse como línea base para el metamodelo PIM.

Experto en accesibilidad

Es el responsable de apoyar la implementación y verificar la accesibilidad de la información y los servicios basados en sus tecnologías Web, en relación con los requerimientos de todos los usuarios. Su función está relacionada con el tipo de trabajo que realiza: puede ser soporte al desarrollo de interfaces web, aplicaciones o contenido. El rol está relacionado con el tipo de trabajo realizado: puede ser soporte de desarrollo para interfaces web, aplicaciones o contenido (Iwa y HWG, 2014).

4.1.1.2. Guías de la fase de análisis

Las guías en la fase de análisis son:



Plantilla de requerimientos

Las plantillas para requerimientos están disponibles en libros, organizaciones de estándares, páginas web consultoras, proveedores de software, etc. Una plantilla del documento de requerimientos define la estructura del documento y proporciona pautas detalladas sobre que escribir en cada sección, un ejemplo es la plantilla IEEE 830, Tabla 4.1.

Introducción	Propósito del documento Alcance del documento Definiciones, acrónimos y abreviaturas Referencias Resumen
Descripción General	Perspectiva del producto Funciones del producto Características del usuario
Requerimientos Específicos	Requerimientos funcionales Requerimientos no funcionales Requerimientos de interfaz

Tabla 4.1: Plantilla SRS. Fuente: IEEE 830 (1998).

Entrevistas

Se realizan entrevistas para obtener una descripción de lo que se requiere desde la perspectiva del cliente. Durante la entrevista el diseñador de la aplicación conversa con el cliente para obtener los requerimientos del sistema y sus restricciones.

Análisis de Tareas

Existen diferentes técnicas de licitación de requerimientos: análisis de tareas, entrevistas, cuestionarios y etnografía. El análisis de tareas y entrevistas se centran en el individuo y su trabajo, mientras que las de etnografía adoptan una perspectiva más general y considera como interactúan las personas, como organizan su entorno de trabajo y como cooperan para resolver problemas. Existen varias clases de análisis de tareas el más común es análisis de tareas jerárquico (HTA).

Plantilla de objetivos de usuario

En la actualidad para el análisis de usuario existen diferentes técnicas como perfil de usuario y escenarios por lo general no incluyen los aspectos de accesibilidad que se deberían tomar en cuenta, incluyéndolos en el análisis de usuarios.

La ISO 9241-71 brinda una estrategia para identificar las necesidades del usuario y poder obtener los requerimientos de accesibilidad y consideraciones de diseño, este es un enfoque por objetivos, como se muestra en la Tabla 4.2.

Objetivo	Declaración básica del objetivo
Discusión	Una elaboración sobre la declaración del objetivo.
Antecedentes	Fuentes de las cuales se deriva el objetivo.
Necesidades comunes de accesibilidad del usuario	Necesidades de accesibilidad del usuario relacionada con el objetivo.
Preguntas a considerar	Preguntas para aplicar el objetivo.

Tabla 4.2: Plantilla de objetivos. Fuente: (ISO/IEC, 2014).

Problemas de accesibilidad e interacción táctil

ISO/IEC (2014) proporciona información sobre las capacidades y características humanas y las consecuencias de los impedimentos, incluidas las consideraciones de diseño de accesibilidad como se muestra en la Tabla 4.3.

Función	Declaración sobre la función a analizar
Descripción	Las características a las que la función está relacionada.
Impedimento o limitación	Incluyen los efectos de las limitaciones e impedimentos.
Consideraciones de diseño	Información sobre las consideraciones de diseño que pueden facilitar la accesibilidad.

Tabla 4.3: Plantilla de características humanas. Fuente: (ISO/IEC, 2014).

Existen diferentes fuentes que abordan los problemas que tienen los usuarios al usar tecnología táctil, el estándar ISO/IEC (2014) proporciona algunas indicaciones de interacción que puede enfrentar el usuario al usar la función táctil.



Guías y estándares de accesibilidad e interacción táctil

Contiene información sobre las pautas de accesibilidad e interacción táctil, de diferentes fuentes de información. Un ejemplo es el trabajo de Loureiro y Rodrigues (2014) que presentan un conjunto de pautas de diseño de interfaces multitáctiles para adultos mayores agrupado en diez categorías distintas; diseño objetivo, uso de gráficos, navegación y errores de diseño de contenido, diseño cognitivo del usuario, audio diseño de texto, retroalimentación y soporte del usuario, interacción multitáctil y pruebas de usuario.

Estrategias de accesibilidad

Para tener en cuenta las necesidades de las personas en un espectro más amplio de habilidades y contexto de uso, se pueden usar diferentes estrategias, como el enfoque de objetivos de accesibilidad, los perfiles de usuario o escenarios, estos dos últimos existen, pero es necesario incluir aspectos de accesibilidad en los mismos.

4.1.1.3. Productos de la fase de análisis

Segmentación del usuario

Contiene la identificación del grupo de usuarios objetivo, con sus atributos específicos como la edad, género, actividades contiene el perfil de usuario(s), antecedentes educativos, uso de computadoras, motivación y actitud.

Reporte de las necesidades del usuario

Este producto de trabajo es el resultado del Diseñador *de la aplicación* y el Experto en accesibilidad dentro de la subtarea Comprensión del contexto de uso. Este producto tiene como objetivo, las necesidades del usuario y necesidades derivadas.



Reporte de análisis de usuario

Contiene el análisis de las actividades que realiza el usuario.

Especificación de requerimientos

Este producto de trabajo es el resultado del Experto en el dominio, Experto en accesibilidad, Diseñador de la aplicación y el Ingeniero de métodos dentro de la subtarea especificación de requerimientos. Este producto tiene como objetivo dotar al proyecto de los requerimientos necesarios para la construcción de la interfaz de acuerdo con un tema específico. El cual usa la Plantilla de Requerimientos y añade los modelos para crear el producto de especificación de requerimientos.

Reporte de estrategias de accesibilidad

Este producto de trabajo es el resultado del Diseñador de la aplicación, el Experto en accesibilidad tiene como objetivo usar una o varias estrategias de accesibilidad para actualizar o incluir requerimientos de accesibilidad.

Requisitos de plataforma

Contiene la información en que plataformas se utilizara el sistema y la accesibilidad del contenido con de la compatibilidad tecnológica de la plataforma.

Análisis PIM

Contiene el modelo de la vista interna del sistema sin ninguna consideración tecnológica, y las perspectivas del sistema a ser modelado. Se decide si se modela la funcionalidad, comportamiento o estructura en modelos de caso de uso, diagramas de estado y diagramas de clase.

4.1.2. Fase de Diseño

El objetivo de esta fase es modelar la estructura detallada y comportamiento de la solución que cumple con los requerimientos. Esto implica tomar decisiones sobre cómo se implementarán la interfaz, estándares y plataformas. Las actividades involucradas en esta fase se muestran en la Figura 4.3 y se detallan a continuación.

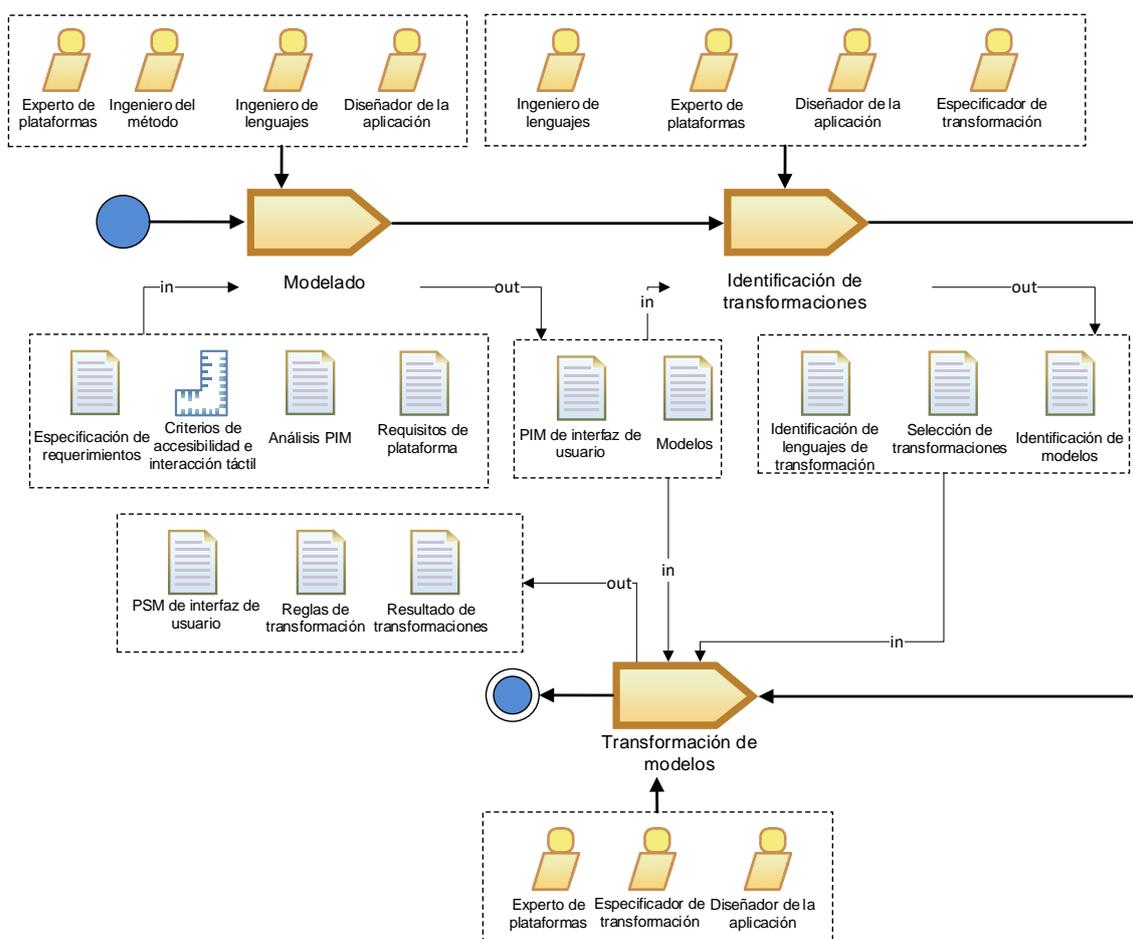


Figura 4.3: Fase de diseño. Fuente: Elaboración Propia

Modelado se soporta en el trabajo del Ingeniero de lenguajes, Experto en plataformas, Ingeniero de lenguajes y Diseñador de la aplicación. En esta fase se define un modelo independiente de la plataforma (PIM) en base del documento de especificación de modelos y análisis PIM. El PIM se define con diferentes elementos dependiendo de la solución propuesta. En esta fase se genera el artefacto PIM de la



interfaz de usuario y modelos que contiene los metamodelos y modelos PIM que servirán en las transformaciones.

Identificación de transformaciones se soporta en el trabajo de Ingeniero de métodos, Experto en el dominio y Diseñador de la aplicación. En esta tarea se identifican las transformaciones necesarias entre los modelos que se necesitaran, las herramientas de transformación. Una vez decidido se debe especificar en detalle las reglas de transformación y anotaciones. Esta tarea tiene como entrada los artefactos la especificación de modelos.

Transformación de modelos se basa en el trabajo de Diseñador de la aplicación, Experto de plataforma y Especificador de transformación. En esta fase se tiene como artefactos de entrada la identificación de herramientas de transformación, selección de transformación e identificación de modelos, en base de los cuales se crearán las reglas de transformación. El Diseñador de aplicación usara las reglas de transformación, y modelos que fueron creados en la primera fase, para llevar a cabo las transformaciones que necesite. Esta fase tiene como salida los modelos específicos de la plataforma (PSM) que deben ser detallado y completo para permitir la codificación.

4.1.2.1. Roles de la fase de diseño

Ingeniero de métodos.

Acorde a Oyvind y Solheim (2004), el ingeniero de métodos identifica los artefactos de modelado que se deben producir y los relaciona con las transformaciones apropiadas.

Experto en plataformas

Acorde a Oyvind y Solheim (2004), posee conocimiento detallado sobre las plataformas para producir software de calidad que utiliza las características de las



plataformas En MDD, los expertos en plataformas necesitan poder especificar las propiedades esenciales de la plataforma en un modelo de plataforma que puede usarse como base para el metamodelo PSM.

Ingeniero de lenguaje

Oyvind y Solheim (2004) define que el ingeniero de lenguaje necesita usar un marco de meta-meta-modelo, como MOF de OMG o el Ecore en Eclipse, para definir el lenguaje de manera uniforme si los conceptos en cada lenguaje van a estar relacionados en un proceso de transformación, el ingeniero de lenguaje crea los metamodelos PIM y PSM. Además, el ingeniero de lenguaje puede crear el lenguaje de mapeo, es decir, lenguajes utilizados para anotar PIM para que puedan ser la fuente de transformaciones para PSMs. El ingeniero de lenguajes realiza el metamodelo lingüístico crea lenguajes capaces de expresar los conceptos de los modelos de plataforma y los modelos de dominio. Por lo tanto, el ingeniero de lenguajes puede crear lenguajes de mapeo es decir lenguajes utilizados para que el PIM se pueda transformar en PSM.

Diseñador de la aplicación

Oyvind y Solheim (2004) define que en esta fase el diseñador de aplicaciones debe usar los lenguajes de modelado proporcionados por el ingeniero de lenguaje cuando realiza sus actividades y usar las transformaciones proporcionadas por el especificador de transformación. El diseñador de la aplicación necesita comprender las transformaciones que se utilizan durante la construcción de la aplicación para que se conozcan las consecuencias de las diferentes opciones de diseño. El uso de semi transformaciones automáticas también suponen que el diseñador de la aplicación utiliza uno o más lenguajes para que los PIM sean transformables.



Especificador de transformación

Oyvind y Solheim (2004) define las relaciones entre PIM y PSM. Esto se puede hacer a nivel de modelado o meta-modelado relacionando el PIM a PSM. El especificador de la transformación necesita conocer tanto el origen como el destino de la transformación y necesita conocer el lenguaje de transformación (ejemplo QVT). Además de crear la transformación, define lo que debe registrarse de la transformación. Esto es esencial para respaldar la trazabilidad. El especificador de la transformación es el que une los mundos del experto del dominio y experto en plataformas y como tal debe comprender ambos mundos con la profundidad suficiente para ser capaz de relacionar los conceptos. Es esencial que la transformación utilice las características de la plataforma que pueden ser difícil de obtener sin un conocimiento íntimo de la plataforma. Por lo tanto, en la mayoría de los casos una persona desempeñara ambos roles de especificador de transformación y el experto de la plataforma. Una de las transformaciones puede ser entrelazar varios modelos en el nivel PIM y luego se convierten en un PSM. La capacidad de entrelazar modelos requiere una visión de los diferentes dominios de los modelos para poder definir criterios de consistencia.

4.1.2.2. Guías de la fase de diseño

Criterios de accesibilidad e interacción táctil

Esta plantilla contendrá los criterios de accesibilidad expresados en métricas para la adición de condiciones del metamodelo de UI.

4.1.2.3. Productos de la fase de diseño

Identificación de lenguajes de transformación

Este documento contiene la identificación de las herramientas que serán utilizadas para las transformaciones de modelo a modelo y modelo a texto (QVT, ATL,



OCL, ACCELEO). Algunas de las herramientas de modelo a modelo se describen a continuación:

ATL es un lenguaje basado en reglas que se basa en gran medida en OCL, pero proporciona funciones de lenguaje dedicadas para transformaciones de modelos que faltan en OCL. En pocas palabras, la posibilidad de crear elementos de modelo proporcionando diferentes tipos de reglas.

El estándar Query-View-Transformation (QVT) del OMG cubre tres lenguajes para desarrollar transformaciones de modelos. Primero, el lenguaje relacional QVT es un enfoque declarativo para definir correspondencias entre metamodelos. Sin embargo, a diferencia de ATL, estas correspondencias no definen una dirección de transformación, sino que se pueden interpretar bidireccionalmente. Esto permite derivar transformaciones para ambas direcciones, así como verificar la consistencia entre dos modelos e incluso sincronizar dos modelos en caso de que no sean consistentes.

Janus Transformation Language (JTL) es otro protagonista del desarrollo de transformaciones de modelos bidireccionales con un fuerte enfoque en la sincronización de modelos mediante la propagación de cambios entre modelos.

EpsilonTransformation Language (ETL) es el lenguaje para admitir transformaciones de modelos exógenos y fuera de lugar similares a ATL, pero también proporciona características adicionales como la posibilidad de modificar los elementos del modelo de entrada durante las transformaciones.

Algunos lenguajes para la transformación de modelo a texto se presentan a continuación:

XSLT es el estándar W3C para transformar documentos XML en documentos de texto arbitrarios. Las serializaciones XMI de los modelos se pueden procesar con



XSLT5; sin embargo, este requiere conocimientos adicionales de cómo se codifican los modelos en XML. Por tanto, los enfoques que operan directamente a nivel de modelo son más favorables.

Xpand es un lenguaje de transformación M2T que se aloja como un proyecto de modelado de Eclipse⁸. Xpand proporciona un lenguaje dedicado para consultar modelos que es una mezcla de Java y OCL (especialmente muchas operaciones basadas en iteradores de OCL están disponibles). Este proyecto ahora continúa con el lenguaje Xtend⁹ que está basado en Java, pero ofrece varias características del lenguaje. Por ejemplo, es posible incrustar plantillas de generación de código (con una sintaxis similar a las plantillas Xpand) en el código Xtend.

*MOFScript*¹⁰ es un proyecto que proporciona otro lenguaje de transformación M2T que ofrece características similares como Xpand. MOFScript se ha desarrollado como una propuesta candidata en el esfuerzo de estandarización de OMG que proporciona un lenguaje estandarizado para transformaciones M2T.

Acceleo tiene como objetivo proporcionar una versión pragmática del estándar de transformación M2T del OMG para modelos basados en EMF. El lenguaje proporciona soporte completo de OCL para consultar modelos y soporte de herramientas maduras que ha demostrado ser útil en la industria.

Identificación de modelos

Este documento contiene la identificación de los metamodelos y modelos que serán utilizados para las transformaciones. El concepto modelo describe cualquier artefacto tipo modelo en el desarrollo. En el contexto de las transformaciones, solo nos interesan los modelos que se ajusten a otro modelo llamado metamodelo. El término modelo se toma en un sentido muy general porque representa tanto un modelo de nivel

M1, un modelo de nivel M2 (metamodelo) como un modelo en el nivel M3 (meta-meta-modelo).

Selección de transformaciones

Las transformaciones de modelos son cruciales en MDD y existen de diferentes tipos, en la mayoría de los casos las transformaciones son de uno a uno teniendo un modelo de entrada y uno de salida. Sin embargo, existen situaciones en las que se requieren transformaciones de uno a muchos, muchos a uno o muchos a muchos. Otra dimensión es si la transformación es entre modelos especificados sobre la base de dos diferentes lenguajes, referidos como transformaciones exógenas, o si las transformaciones se definen dentro de un lenguaje que se denominan transformaciones endógenas. Las transformaciones verticales son aquellas donde el nivel de abstracción de la entrada y los modelos de salida son diferentes y las transformaciones horizontales donde la entrada y los modelos de salida permanecen más o menos en el mismo nivel de abstracción (Brambilla, Cabot y Wimmer, 2012).

Este documento contiene información sobre el tipo de transformación, nivel de abstracción, ejecución y técnica, como se muestra en la Tabla 4.4.

Nombre de transformación	Tiene como nombre el Modelo de entrada modelo de salida
Tipo	El tipo de transformación que se realizara (PIM_PIM, PIM_PSM)
Nivel de abstracción	Modelo, Metamodelo, Meta-meta-modelo
Ejecución	Automática, manual, semi automática
Lenguaje de modelado	(QVT, OCL, ATL)

Tabla 4.4: Identificación de transformaciones. Fuente: Elaboración propia

PIM de interfaz de usuario

Es uno o varios modelos independiente(s) de la plataforma de interfaces de usuario teniendo en cuenta el análisis del PIM.



PSM de interfaz de usuario

Es la transformación de uno o varios modelos PIM a uno o varios modelos específicos de la plataforma utiliza la identificación de transformaciones.

Modelos

Contiene los modelos con diferentes niveles de abstracción que se usan para el sistema construido.

Reglas de transformación

Una regla de transformación típica toma los elementos de un modelo origen, conforme a un metamodelo origen y transforma en elementos de un modelo destino conforme a u un metamodelo destino. Este documento consiste en describir las reglas que se implementaran en lenguaje de programación general es decir codificando en herramientas específicas o lenguajes de transformaciones como ATL o QVT. Las transformaciones a menudo se basan en invariantes y condiciones precisas y posteriores especificadas en lenguajes como OCL.

Resultado de Transformaciones

Contiene la información generada en esta fase y resultado de realizar las transformaciones.

4.1.3. Fase de Desarrollo

El objetivo de esta fase es desarrollar y verificar el código producido que implementa el software tomando en consideración todos requerimientos iniciales y especificaciones de diseño. Esta fase incluye actividades como: desarrollar los componentes y clases según los modelos utilizados como entradas, definir la organización y generación del código y ejecutar las pruebas para la integración de los

componentes, las mismas que se muestran en la Figura 4.4 y que se describen a continuación.

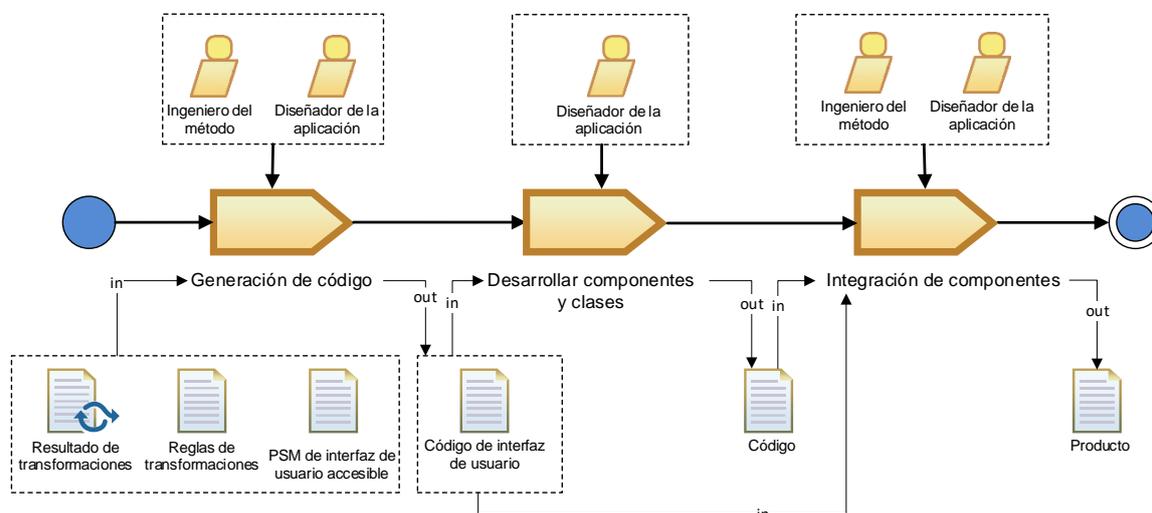


Figura 4.4: Fase de desarrollo. Fuente: Elaboración propia.

Generación de código esta fase se basa en el trabajo del ingeniero de métodos y el diseñador de la aplicación. Esta fase el Diseñador de aplicación genera el código utilizando las reglas de transformación de modelos a texto. Esta fase tiene como artefacto de entrada el Resultado de transformaciones, reglas de transformaciones y PSM de interfaz de usuario accesible y como artefacto de salida el código de la interfaz de usuario y la actualización del documento resultado de transformaciones.

Desarrollar componentes y clases se basa en el trabajo del diseñador de la aplicación, desarrolla las clases y componentes que son necesarios para el funcionamiento de la interfaz, la salida es el código de la aplicación.

Integración de componentes se basa en trabajo del ingeniero de métodos y el diseñador de la aplicación. En esta fase se integra el código de la aplicación con la interfaz de usuario generada y se realizan pruebas de integración.



4.1.3.1. Roles de la fase de desarrollo

Ingeniero de métodos

Oyvind y Solheim (2004), el ingeniero de métodos necesita identificar los artefactos de modelado que se deben producir durante el proyecto y relacionarlos con las transformaciones apropiadas.

Diseñador de la aplicación

Oyvind y Solheim (2004) define este rol, que se encarga de los aspectos de construcción de las aplicaciones. El diseñador de aplicaciones realiza un diseño detallado para la interfaz. En la configuración MDD el diseñador debe usar los lenguajes de modelado proporcionados por el ingeniero de lenguaje cuando realiza sus actividades. Además, el diseñador de la aplicación debe usar las transformaciones proporcionadas por el especificador de transformación. El diseñador de la aplicación necesita comprender las transformaciones que se utilizan durante la construcción de la aplicación para que se conozcan las consecuencias de las diferentes opciones de diseño. El uso de semi transformaciones automáticas también suponen que el diseñador de la aplicación utiliza uno o más lenguajes para que los PIM sean transformables.

4.1.3.2. Productos de la fase de desarrollo

Código interfaz de usuario

Es el código de la interfaz de usuario después de transformar el modelo de plataforma específica a código utilizando las reglas de transformación correspondientes.

Código

Contiene el desarrollo de código de la aplicación o interfaz que no se realizó mediante la transformación de modelos.



Producto

Es la aplicación final la cual integra el código y la interfaz de usuario.

4.1.4. Fase de Evaluación

La Figura 4.5 presenta las cuatro actividades principales que se pueden llevar a cabo en esta fase. El objetivo de esta fase es demostrar que la interfaz de la aplicación cumple con los requerimientos de accesibilidad.

Establecimiento de los requerimientos de la evaluación

Se basa en el trabajo del evaluador. Esta tarea consiste en establecer el propósito de la evaluación y especificar los requerimientos que se evaluarán. Se genera el artefacto documento de requerimientos de evaluación.

Especificación la evaluación

Se basa en el trabajo del evaluador. En esta tarea se especifica en detalle la evaluación que se llevará a cabo. Se seleccionan los artefactos que se evaluarán, estos pueden ser productos intermedios, componentes de la aplicación o una aplicación terminada. Se determinan las métricas asociadas con los atributos; este paso depende de los artefactos seleccionados. El siguiente paso es establecer los umbrales para las métricas definidas. Estos umbrales representan el grado de accesibilidad de la aplicación y permite detectar problemas que puedan existir y clasificarlos según su nivel de criticidad. Finalmente, se debe asignar un peso a cada uno de estos niveles para clasificar su impacto en la evaluación.

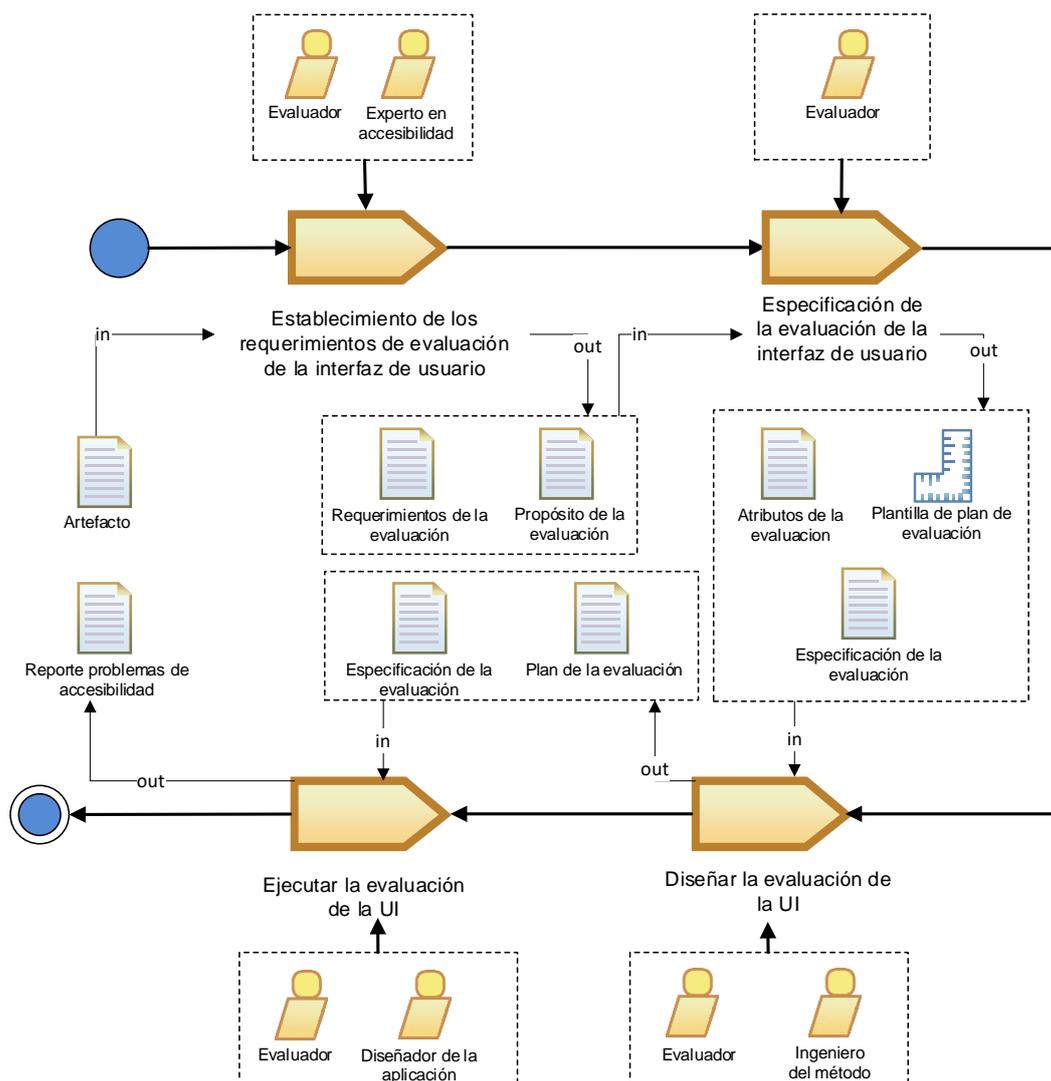


Figura 4.5: Fase de evaluación. Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la evaluación

Dentro de esta tarea, se prepara un plan de evaluación con toda la información necesaria ya obtenida de las actividades anteriores y, si es necesario, se identifica un conjunto de restricciones.

Ejecución de la evaluación y hacer el informe de accesibilidad

Se basa en el trabajo del evaluador, en esta tarea se reciben las especificaciones detalladas de la evaluación y el plan de evaluación para realizar la evaluación sobre los modelos. Los resultados obtenidos permitirán realizar el informe de accesibilidad.



Durante la evaluación, las métricas se aplican a los modelos. Una vez que se obtienen los valores, se determina el impacto y se establece el nivel de criticidad del problema de accesibilidad. Esta información es crucial para preparar el informe de accesibilidad. De acuerdo con los resultados de los problemas de accesibilidad, se puede concluir si los modelos evaluados son accesibles. Para hallar la accesibilidad de acuerdo con un contexto dado, se calcula el indicador de error de accesibilidad I_{ACC} , que mide el porcentaje de problemas de accesibilidad encontrados. Cuanto menor es el valor, menos problemas de accesibilidad tiene la aplicación.

Finalmente, cuando se completa la evaluación, los datos de evaluación y los resultados de la evaluación se revisan e incluyen en el informe final.

4.1.4.1. Roles de la fase de evaluación

Evaluador del sistema

Oyvind y Solheim (2004), define que el evaluador prueba son los modelos, la simulación del modelo es una técnica para apoyar la prueba del modelo. Algunos lenguajes de modelado han acompañado, herramientas de simulación. Las pruebas que realiza el evaluador del sistema necesitan interpretar los resultados de las pruebas en términos de conceptos de modelado.

Ingeniero de métodos

Oyvind y Solheim (2004), define que la responsabilidad del ingeniero de métodos es identificar y organizar las actividades necesarias en el plan de evaluación.

4.1.4.2. Guías de la fase de evaluación

Plantilla del plan de evaluación



Esta plantilla detalla aspectos técnicos de la evaluación, tales como: quién llevará a cabo la evaluación, el tiempo que llevará, los recursos necesarios, si se necesita o no acceso a Internet, etc.

4.1.4.3. Productos de la fase de evaluación

Reporte de problemas de accesibilidad

Este documento contiene los problemas de accesibilidad que se encontraron en los modelos después de realizar la evaluación de acuerdo con un contexto dado.

Atributos de evaluación

Este documento contiene los atributos de accesibilidad, que contiene las pautas de accesibilidad que se evaluarán.

Artefacto

En este documento se identifican los artefactos que serán evaluados estos pueden ser modelos, productos intermedios(modelos) o los componentes de la aplicación o una aplicación terminada.



CAPÍTULO 5. CONSTRUCCIÓN DE LA SOLUCIÓN

El número de personas con discapacidad ha ido aumentando en los últimos años según los datos INEC, nos enfocaremos en los adultos mayores. Los datos proporcionados muestran que el uso de esta población, en cuanto a teléfonos táctiles, ha ido aumentando y que les resulta más fácil el poder usar esta modalidad de interacción.

5.1. Construcción para tareas

El objetivo de esta aplicación está enfocado a presentar un caso de estudio de una interfaz táctil teniendo en cuenta las necesidades de accesibilidad de los adultos mayores.

5.1.1. Fase captura de análisis y requerimientos.

La fase de análisis y requerimientos tiene seis tareas que son: la identificación de requerimientos, análisis de usuario, especificación de la accesibilidad, establecimiento de requerimientos y análisis de PIM. Se describen las tareas, así como los productos de trabajo.

5.1.1.1. *Identificación de requerimientos*

La tarea comienza con la identificación de requerimientos del sistema, el objetivo de esta fase es obtener, aceptar y documentar los requisitos del cliente que el sistema de software necesita cumplir. Esto incluye establecer un entendimiento común con el cliente en los requerimientos funcionales y no funcionales. Esta fase incluye las siguientes actividades:

- Formalizar los requisitos del cliente.

- Hacer un documento inicial de la especificación de requerimientos funcionales de la infraestructura común de activos reutilizables.

Los requerimientos del software se muestran en el Apéndice B.

5.1.1.2. Comprensión del contexto

El objetivo de esta tarea es definir el alcance del sistema de software a desarrollar. El resultado es una definición del alcance. Las actividades principales son

- Establecer el alcance del sistema
- Requisitos de plataforma

Se pueden hacer accesibles una gran cantidad de contenido web cuando se utilizan los elementos HTML, con el propósito correcto. El código es más simple lo que permite hacer que las paginas sean más ligeras favoreciendo la usabilidad. Se utiliza HTML para crear interfaces en para la construcción de la aplicación.

5.1.1.3. Análisis de usuario

Como público objetivo están usuarios de 55 a 65 años que tienen un problema visual bajo. El uso de dispositivos de pantalla táctil reduce las demandas de coordinación y cognitivas, siendo preferidos por los adultos mayores.

Identificación de las necesidades de accesibilidad de usuario

Se realiza esta tarea utilizando la plantilla de objetivos, en la que las necesidades de accesibilidad del usuario se identifican considerando los objetivos y respondiendo las preguntas. La diversidad de usuarios puede tener una gran variedad de necesidades de accesibilidad de usuario. Es importante reconocer que diferentes usuarios pueden tener diferentes necesidades de accesibilidad en diferentes circunstancias (ISO/IEC, 2014).

En la Tabla 5.1 se muestra el objetivo de usabilidad relacionada a la accesibilidad.



Objetivo	Usabilidad
Discusión	Si no se proporciona el nivel mínimo de usabilidad para un usuario en un contexto, es posible que el usuario no considere que el sistema sea lo suficientemente accesible para su uso. Este objetivo reconoce que una usabilidad inadecuada puede desanimar que los usuarios accedan a un sistema.
Antecedentes	ISO 71
Necesidades comunes de accesibilidad del usuario	Realizar tareas con un mínimo esfuerzo físico y cognitivo.
Preguntas a considerar	¿Cómo podría un sistema que se relaciona con este objetivo ayudar a diversos usuarios en diversos contextos a realizar sus tareas de manera satisfactoria para cada uno de ellos?

Tabla 5.1: Objetivos de usabilidad relacionada a la accesibilidad. Fuente: ISO/IEC (2014).

Se podría incluir el uso de micrófono para la creación recogida de las tareas que el usuario requiera ingresar, ya que en los dispositivos táctiles el uso del teclado para personas que tienen problemas del dedo gordo que les dificulta la escritura (Goth, 2011).

5.1.1.4. Especificación de accesibilidad

Se utilizan los atributos que han sido creados. Y se formulan métricas para la agregar restricciones de OCL de accesibilidad. Se basan en los problemas que tienen los usuarios. Teniendo en cuenta que los impedimentos o limitaciones pueden variar nos enfocamos en las características y habilidades sensoriales. Enfocándonos en los problemas que tienen las personas con algún impedimento táctil que dificulte el uso de dispositivos con pantalla táctil como se muestra en la Tabla 5.2.

Función	Táctil
Descripción	Las funciones táctiles se relacionan con la superficie de detección.
Impedimento o limitación	Capacidad reducida en utilizar pantallas táctiles.
Consideraciones de diseño	Múltiples medios de presentación de información, como información visual o auditiva para complementar o ser sustituto de información táctil. Múltiples medios de control tales como control visual y por voz.

Tabla 5.2: Características Humanas. Fuente: ISO/IEC (2014).

Las personas con deficiencias en las funciones táctiles pueden confiar en otras funciones sensoriales, como vista y audición, para obtener información. Las personas

con tacto hipersensible pueden resultar lesionadas por estímulos que puede causar solo molestias a otras personas(ISO/IEC, 2014). Los diseñadores de interfaces se enfrentan a un desafío difícil, ya que por un lado los usuarios quieren dispositivos pequeños para una máxima movilidad, lo que deja espacio para una interfaz de usuario con elementos pequeños. Por otro lado, exigen los usuarios que los elementos sean lo suficientemente grandes para facilitar la operación.

Estrategia de accesibilidad

En los adultos mayores, la atención consiste en la capacidad de centrarse en los elementos necesarios para realizar una determinada tarea ya que tienen una dificultad sustancial para procesar tareas complejas y tienen problemas para mantener la capacidad de atención durante largos períodos de tiempo. La interacción a través de dispositivos de entrada como ratón y teclado es difícil para el adulto mayor, se ha mostrado que la utilización de dispositivos táctiles ayuda a la interacción de este grupo de usuarios. Por lo que el diseño debe adaptarse a las necesidades de los adultos mayores, para que se puedan utilizar fácilmente (Loureiro y Rodrigues, 2014).

Las estrategias de accesibilidad que se usan son las siguientes

Estrategia 1: Proporcionar múltiples medios de presentación e información con el usuario. Se considero utilizar otro medio de interacción, que es el uso de voz, para que el usuario pueda ingresar los datos de la tarea. Es importante que las personas tengan más de una forma de completar una tarea o actividad o de interactuar con un sistema para lograr los mismos objetivos.

Estrategia 2: Minimizar la complejidad necesaria. Se simplifican los pasos para realizar la tarea porque al realizar una tarea con varios pasos disminuye la posibilidad que el usuario logre sus objetivos.

Criterios de accesibilidad e interacción táctil

Para lo cual nos basamos en el trabajo de Loureiro y Rodrigues (2014) y Pesántez, Acosta, Jimbo, Sinchi y Cedillo (2020) para establecer los criterios de accesibilidad que se incluirán en el modelo, ya que si bien hay pautas de diseño de interfaces de usuario y en parte pueden utilizarse en diseño de una interfaz táctil, aborda algunos aspectos característicos.

Función	Atributo	Explicación	Métrica	Medida
Visual	Texto en imágenes	Incluir texto en las imágenes.	Descripción	Descripción<>0
	Legibilidad de texto	El texto use fuente Sans Serif	Tipo de fuente	Font==Arial, Helvética
	Colores a evitar	Incapacidad de discernir colores	Color	Color<>rojo Color<>verde
	Interlineado	El espacio de texto doble aumenta la legibilidad en adultos mayores.	Espacio entre líneas	EL==2

Tabla 5.3: Criterios de accesibilidad e interacción táctil. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.3 se muestran los criterios de accesibilidad e interacción táctil. A continuación, se describen los atributos de los criterios de accesibilidad e interacción táctil.

- **Texto en imágenes:** Se incluyen un texto descriptivo de la imagen para que pueda ser leída por una tecnología de asistencia
- **Legibilidad de texto:** Seleccionar un tipo de fuente apropiado es crucial en un diseño de interfaz de usuario para los adultos mayores. El uso de fuentes Sans Serif, como Arial, Helvética, Century Gothic, facilita la lectura de textos en la pantalla. El tamaño del tipo de fuente debe ser grande o preferiblemente ajustable. (Loureiro y Rodrigues, 2014).

- **Colores a evitar:** Se deben evitarse las combinaciones de azul y amarillo, dado que muchos usuarios (incluidos los adultos mayores y los jóvenes) pueden sufrir tritanopia, es decir, un defecto visual que provoca la incapacidad de discernir el azul y el amarillo. También se debe evitar la combinación de verde y rojo, una vez que muchos usuarios pueden sufrir protanopia y deuteranopia, es decir, un defecto visual que causa incapacidad para percibir el rojo y confusión del rojo con el verde (Loureiro y Rodrigues, 2014).
- **Interlineado:** El espacio de texto ideal para adultos mayores en el texto es de doble espacio, lo que aumenta la legibilidad. (Loureiro y Rodrigues, 2014).

5.1.1.5. Establecimiento de requerimientos

El objetivo de esta fase es especificar los requerimientos del cliente teniendo en cuenta consideraciones de accesibilidad, los requerimientos que se pide cumplir se muestran respectivamente en el Apéndice A:1 y Apéndice A:2. En esta subfase se verificar que no existan conflictos entre los diferentes requerimientos.

5.1.1.6. Análisis PIM

El objetivo de esta fase es identificar los componentes que tendrán nuestra aplicación y determinar cuáles componentes de interfaz se usarán. Para este ejemplo se utilizarán los siguientes componentes de la interfaz, dos cajas de texto y un botón que me permitirá realizar el ingreso de la información de la tarea.

5.1.2. Fase de diseño

El objetivo de esta tarea es modelar la estructura de tallada y comportamiento de la aplicación. Esto implica hacer decisiones sobre cómo se implementará el sistema y que arquitectura.



Las actividades son especificar y diseñar una solución independiente de la plataforma para todos los requerimientos. El PIM se definirá con diferentes elementos.

Especificar y diseñar la solución específica de la plataforma refinando la solución independiente de la plataforma.

5.1.2.1. Modelado

En el metamodelo PIM de UI se agregan los atributos de accesibilidad, que se llevan a cabo de una restricción OCL en base de la Tabla 5.3.

Metamodelo de interfaz de usuario PIM

Este metamodelo describe los elementos básicos de diálogo y presentación de la interfaz de usuario que contiene los atributos de accesibilidad. Esto incluye la información que será necesaria para los componentes gráficos y sus relaciones con el entorno independiente de la plataforma de destino y la tecnología de implementación.

Metamodelo de UI: el elemento raíz del metamodelo PIM es UI que contiene la cantidad de ventanas que tendrá el sitio. Para posteriormente crear un modelo PIM, el que será posible transformar a un modelo específico de la plataforma para lo cual es necesario un metamodelo de la plataforma. El metamodelo se encuentra en el Apéndice B:3, el cual contiene restricciones OCL basados en los criterios de accesibilidad e interacción táctil de la fase de análisis.

Metamodelo HTML: este metamodelo describe la estructura de la página web. Para este metamodelo el elemento raíz es un sitio. El metamodelo se encuentra en el Apéndice B:4.

5.1.2.2. Identificación de transformaciones

En la Tabla 5.4 se identifican las transformaciones que se llevarán a cabo.



Nombre de la transformación	Tipo	Nivel de abstracción	Ejecución	Lenguaje de modelado
Model2Model	PIM_PSM	Modelo	Automática	QTV
Model2Text	PSM_Código	Texto	Automática	Acceleo

Tabla 5.4: Identificación de transformaciones. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.3. Transformación de modelos

Se escriben las reglas de mapeo entre los diferentes modelos.

Reglas de transformación

En el Apéndice B:5 se muestra un fragmento de las reglas de transformación QVT de las relaciones entre los elementos de los metamodelos PIM y PSM. En el cual se muestra un extracto que corresponde a la transformación de la ventana al sitio y sus componentes.

En el Apéndice B:6 se muestra un fragmento de las reglas de transformación de Acceleo para la generación de código y las plantillas correspondientes para la generación de CSS.

Resultado de transformaciones

A continuación, se muestra la transformación realizada utilizando un modelo PIM, para la obtención de un modelo específico de la plataforma.

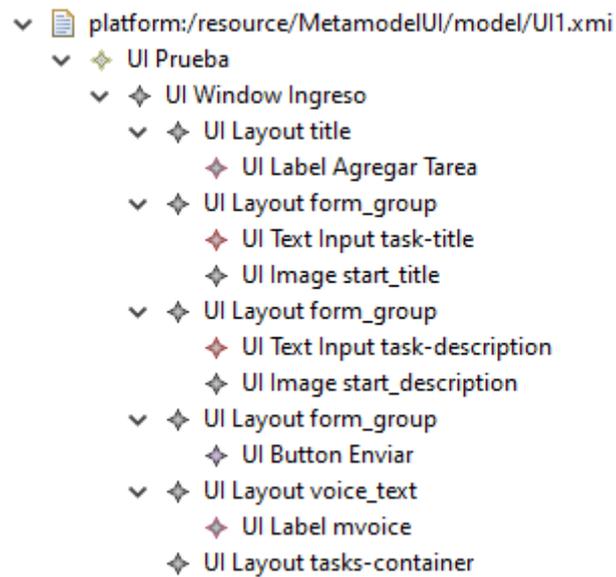


Figura 5.1 Modelo PIM Fuente: Elaboración propia.

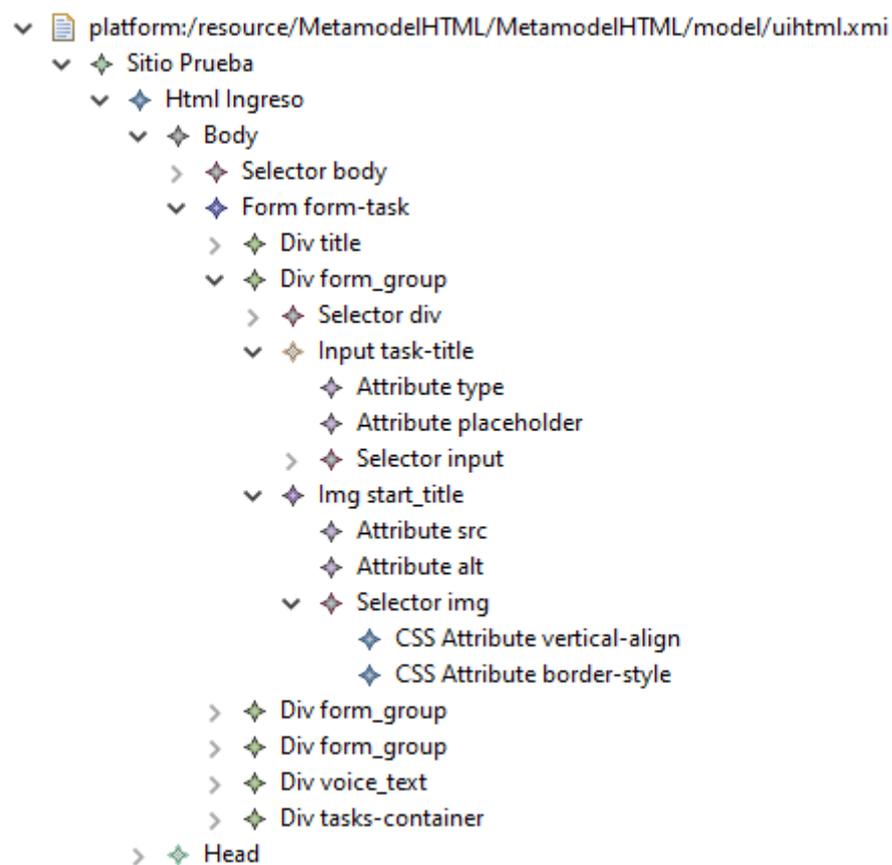


Figura 5.2 Modelo PSM. Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Fase de desarrollo

En esta fase se realiza el código de la interfaz y de aplicación, se comprueba la integración entre estas dos partes. Las subfases del desarrollo son: Generación de código, Desarrollo de componentes y clases y la Integración de componentes

5.1.3.1. Generación de código

Se utiliza las reglas de transformación de modelo a texto usando Acceleo, para generar el código de la interfaz. El resultado de esta transformación se muestra en la siguiente Figura 5.3.

Agregar tareas



Ingrese la tarea

Ingrese la descripción de la tarea

Enviar

Figura 5.3. Interfaz generada: Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.2. Desarrollar componentes y clases

Se crea el código de la conexión a la base de datos Firebase (Apéndice D:8) y se crea el código para la interacción con voz usando SpeechRecognition, en el Apéndice D:8, se muestra el código para el ingreso por voz de la tarea.

5.1.3.3. Integración de componentes

Se realizaron pruebas entre el código de la interfaz y de la aplicación, para verificar su funcionamiento.



5.1.4. Fase de evaluación

Se realiza la evaluación del modelo PSM, esta fase consta de las siguientes subfases: Establecimiento de los requerimientos de evaluación de UI, Especificación de la evaluación de UI, Diseño de la evaluación de UI y la ejecución de la evaluación de la UI.

5.1.4.1. Establecimiento de los requerimientos de evaluación de UI

El objetivo de realizar la evaluación cuantitativa es determinar qué tan accesible es la aplicación por adultos mayores. Las características que evaluaremos son la legibilidad y la facilidad de uso.

5.1.4.2. Especificación de evaluación de UI

Se realiza la especificación de los pasos a llevar a cabo en la evaluación.

Selección de los artefactos a evaluar.

Para nuestro caso es el modelo PSM es un modelo que tiene los siguientes componentes: texto, una textarea y un botón.

Selección de atributos y métricas

Los atributos y métricas utilizados son los siguientes: legibilidad de texto, texto en imágenes y colores a evitar. Los atributos seleccionados se basan en el modelo de accesibilidad propuestos en Pesántez et al., (2020), y la definición de métricas en Loureiro y Rodrigues, (2014), como se muestra en la Tabla 5.3.

Definir los valores umbrales de las métricas.

A continuación, se definen las fórmulas de las métricas y el umbral que corresponde a cada atributo como se muestra en la Tabla 5.5

Atributo	Métrica	Umbral
Legibilidad de texto	Numero de componentes legibles/Número total de componentes	Problema de accesibilidad $0 < RLT < 0.4$ Problema medio de accesibilidad $0.4 < RLT < 0.7$ No existe problema de accesibilidad $0.7 < RLT \leq 1$
Interlineado	Espacio de líneas (EL)	Problema de accesibilidad $0 < EL < 0.4$ Problema medio de accesibilidad $1.5 < EL < 2$ No existe problema de $EL \geq 2$
Texto en imágenes	Numero de imágenes con descripción/número de imágenes	Problema de accesibilidad $0 < RI < 0.4$ Problema medio de accesibilidad $0.4 < RI < 0.7$ No existe problema de accesibilidad $0.7 < RI \leq 1$
Colores a evitar	Número de veces que se utilizan los colores rojos y verdes/ Total de colores	Problema de accesibilidad $0.7 < RC \leq 1$ Problema medio de accesibilidad $0.4 < RC < 0.7$ No existe problema de accesibilidad $0 < RC < 0.4$
Uso alternativo de ingreso de información	Escala de Likert ¿Existe un mecanismo alternativo para el ingreso de información? 1) Totalmente de acuerdo 2) Ni de acuerdo ni desacuerdo 3) Totalmente en desacuerdo	Si en la evaluación se muestra la opción 3, existe un problema de accesibilidad; en el caso de la opción 2, se presenta un problema medio de accesibilidad; y por último en primer caso no existe ningún de accesibilidad.

Tabla 5.5: Métricas y umbrales de atributos. Fuente: Elaboración propia.

Definir un peso para cada nivel de problema

En la Tabla 5.6 se muestra el peso que se le ha asignado a cada nivel del problema para clasificar su impacto en la evaluación mediante el cálculo del valor del indicador de error de accesibilidad (I_{ACC}).

Nivel del problema	Peso
Inexistente	0
Medio	0.5
Crítico	1

Tabla 5.6: Pesos de los problemas. Fuente: (Pesántez et al., 2020)

Como se explicó en la Sección 4.1.4, I_{ACC} mide el porcentaje de problemas de accesibilidad encontrados en una aplicación. De acuerdo con los resultados de los problemas de accesibilidad se podrá concluir si la aplicación evaluada es accesible o no. Cuanto menor sea el valor de I_{ACC} , menos problemas de accesibilidad tendrá la aplicación. I_{ACC} se define mediante la siguiente ecuación (Pesántez et al., 2020):

$$I_{ACC} = \frac{\sum_i(x_i \times w_i)}{n} \times 100\% \quad (1)$$

Donde:

- i representa el nivel del problema de accesibilidad como: inexistente, medio o crítico.
- x es el número de atributos con problemas de accesibilidad de nivel i .
- w es el peso asignado a cada nivel de problema (i) para clasificar su impacto en la evaluación.
- n representa el número de criterios evaluados.

5.1.4.3. Diseñar la evaluación de UI

El plan de evaluación consistirá en aplicar los criterios de accesibilidad, se evaluarán los atributos: 1) legibilidad de texto, 2) texto en imágenes, 3) tamaño de elementos interactivos.

5.1.4.4. Ejecutar la evaluación de UI

Se realiza la medición de cada atributo elegido.

1. **Legibilidad de texto:** La fuente que se utiliza es Arial.
2. **Texto en imágenes:** Las imágenes contienen el atributo Alt son dos elementos de imágenes con sus descripciones respectivas. Aplicando la

formula se obtiene 1 lo que significa que no hay problema de accesibilidad

3. **Colores a evitar:** No se están utilizando colores rojos y verdes.
4. **Uso alternativo de ingreso de información:** Una alternativa al ingreso de los datos es por voz.

Reporte de accesibilidad

La Tabla 5.7 muestra un resumen del informe de accesibilidad que contiene la información sobre los atributos y métricas evaluadas, así como los resultados y la interpretación de los mismos.

Atributo	Métrica	Valor	Tipo de Problema
Legibilidad de texto	Número de componentes legibles/Número total de componentes	1	No hay problema de accesibilidad
Interlineado	Espacio de líneas	2	No hay problema de accesibilidad
Texto en imágenes	Número de imágenes con descripción/número de imágenes	1	No hay problema de accesibilidad
Colores a evitar	Color	0	No hay problema de accesibilidad
Uso alternativo de ingreso de información	Escala Likert	1	No hay problema de accesibilidad

Tabla 5.7: Reporte de accesibilidad. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se calcula el indicador de error de accesibilidad como se definió en la Ecuación 1:

$$I_{ACC} = \frac{5(0) + 0(0) + 0(0)}{5} \times 100\% = 0\%$$

La ecuación muestra el valor de I_{ACC} es 0%, lo que significa que la interfaz de acuerdo con los atributos evaluados es 100 % accesible y que se han tenido en cuenta consideraciones de accesibilidad para adultos mayores.



CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

6.1. Introducción

Debido al crecimiento de investigación en los sistemas de información (SI) que impulsa al desarrollo de nuevas metodologías y al mismo tiempo la evaluación de las mismas se busca validar el conocimiento metodológico, esto es lo propuesto por Moody (2003) mediante el modelo de evaluación de métodos (MEM - Method Evaluation Model). MEM ha sido exitosamente aplicado tanto por si solo como en otro tipo de métodos (Cedillo Orellana, Insfrán Pelozo y Abrahao, 2017; Abrahão, Insfran, Carsí y Genero, 2011; Cabrera Alvrado y Cárdenas Cárdenas, 2018; Cedillo Orellana, 2013; Piedra García y Tenezaca Sari, 2018), éste método es útil para medir la eficiencia percibida al momento de aplicar la solución propuesta. En MEM para evaluar la factibilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso de los participantes aplicando metodologías para predecir la aceptación del mismo, se extiende el modelo de aceptación de tecnología (TAM - Technology Acceptance Model) (Moody, 2003).

6.2. Modelos teóricos de evaluación en ingeniería de software

6.2.1. Modelo de Aceptación de Tecnología

TAM es una adaptación de la teoría Theory of Reasoned Action (TRA) propuesta por Fishbein y Ajzen (1975).

Davis (1989) propuso el Technology Acceptance Model (TAM) que de entre todos los modelos que se han propuesto para medir la aceptación de tecnología por parte del usuario ha resultado ser el más influyente en el campo de sistemas de la información (Moody, 2003).

TAM tiene cinco constructos principales representados en la Figura 6.1 y explicados a continuación:

- **Facilidad de uso percibida (PEOU):** El grado en el que un futuro usuario espera que el sistema objetivo sea libre de esfuerzo.
- **Utilidad percibida (PU):** La probabilidad subjetiva del usuario de que usando un sistema en particular mejoraría su desempeño laboral.
- **Actitud (A):** Deseo del usuario por usar el sistema.
- **Intención de Comportamiento (IC):** El desempeño de una persona al realizar un comportamiento específico.
- **Uso actual:** Uso actual del sistema. Este es una extensión de IC.

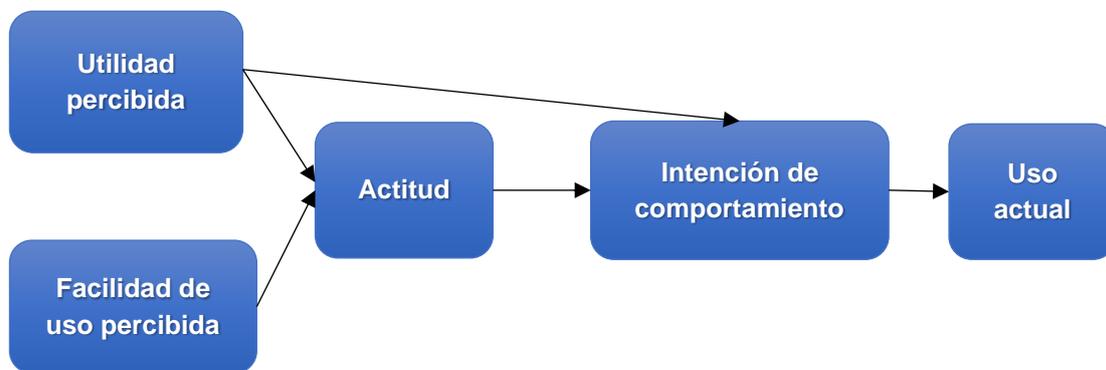


Figura 6.1: TAM simplificado (F. Davis, 1986)

6.2.2. Modelo de Evaluación de Métodos

El modelo de evaluación de métodos (MEM, por sus siglas en inglés) propuesto por Moody (2003) es un modelo teórico que evalúa métodos, este incorpora dos aspectos del método de éxito: la eficiencia actual y el uso actual. Este método posee constructores y relaciones causales entre los mismos, esto está representado gráficamente en la Figura 6.2.

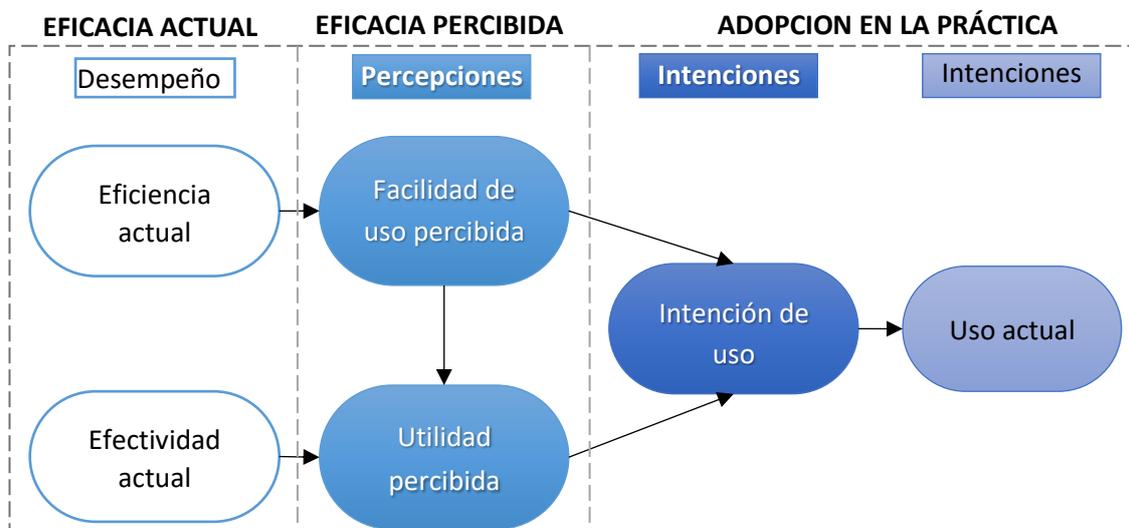


Figura 6.2: Modelo MEM. Fuente: (Moody, 2003)

Los constructos de MEM se basan en TAM, siendo modificados para reflejar el cambio de dominio de sistemas a métodos gracias a que los constructos de TAM son lo suficientemente generales. Los constructos de MEM son:

- **Eficacia actual:** Mide el desempeño del método en una tarea y consta con los siguientes dos constructos:
 - **Eficiencia actual:** El esfuerzo requerido para aplicar un método.
 - **Efectividad actual:** El grado en el que se logran los objetivos del método.
- **Eficacia percibida:** Tiene dos constructos basados en la percepción:
 - **Facilidad de uso percibida:** El grado en que una persona cree que al usar un método puede estar libre de esfuerzo.
 - **Utilidad percibida:** Es el grado en que una persona cree que un método será eficaz para mejorar su rendimiento.



- **Adopción en la práctica:** Indica si el método se usa o no en la práctica, independientemente de si mejora el rendimiento o no, consta con los siguientes constructos:
 - **Intención de uso:** En qué medida una persona tiene la intención de usar un método en particular.
 - **Uso actual:** El grado en que se usa un método en la práctica.

6.3. Adaptando MEM para su uso en MBAUI

Para aplicar el MEM en el método MBAUI hay que especificar los objetivos de UI táctiles y de MDD tomando en cuenta criterios accesibles. Así, dentro del dominio del diseño de interfaces de usuarios táctiles surge el objetivo principal de capturar requerimientos de usuario y software para analizar y diseñar interfaces de usuario táctiles con criterios de accesibilidad, y dentro del dominio de MDD se crean los siguientes objetivos: i) crear modelos independientes de la plataforma con la inclusión de accesibilidad para la creación de interfaces de usuario táctiles y ii) ayudar a desarrolladores a incluir la accesibilidad en sus proyectos MDD.

Ya que el enfoque central de MEM es la evaluación de la eficacia de un método particular, para aplicar el mismo en la evaluación de MBAUI es necesario:

- Medir el esfuerzo requerido para aplicar el método y la calidad de los resultados obtenidos.
- La eficiencia actual que es el esfuerzo requerido para entender y/o aplicar el método y se puede medir con medidas como el tiempo o el esfuerzo cognitivo.

- La efectividad actual que es la calidad del resultado del método y se puede medir evaluando los resultados de las actividades que comprenden la evaluación y si estas se realizan o no con éxito.

Para medir las variables de efectividad y eficiencia actuales se aplican las fórmulas descritas a continuación:

- **Efectividad actual:** Cada paso de la evaluación tendrá una calificación en base al grado de completitud, es decir representará el número de tareas realizadas correctamente, así el cálculo será la proporción entre esta calificación y el total de tareas, como se muestra a continuación:

$$Efectividad = \frac{\text{Número de tareas realizadas correctamente}}{\text{Número total de tareas}} \quad (2)$$

- **Eficiencia actual:** Se mide por la sumatoria total de los tiempos empleados en cada tarea de la evaluación. La fórmula es la siguiente:

$$Eficiencia = \sum_{i=1}^n \text{Tiempo empleado en la tarea}_i \quad (3)$$

Con el objetivo de medir las variables basadas en percepción, se ha adaptado un instrumento de medición utilizado en el MEM. En este caso MEM se ha personalizado para evaluar métodos de creación de UI táctiles accesibles. En la Figura 6.3 se muestra la organización de preguntas que permitirán medir las percepciones de los usuarios en los constructos, facilidad de uso percibida (PEOU), la utilidad percibida (PU) y la intención de uso (ITU), estas preguntas se encuentran expresadas en la Tabla 6.1

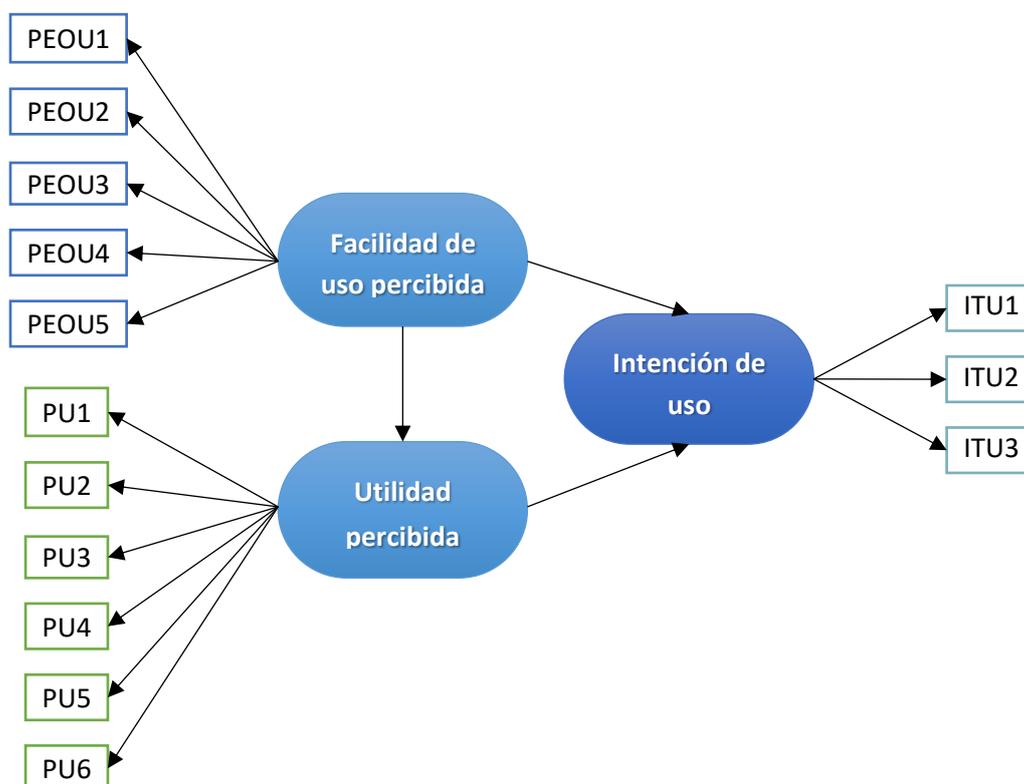


Figura 6.3: Distribución de preguntas del cuestionario, Fuente. Elaboración propia

Para determinar la probabilidad de que el método sea aceptado en la práctica puede ser predicho probando las hipótesis presentadas en la Figura 6.4 así como sus relaciones causales. Las hipótesis son las siguientes:

- $H1_0$: MBAUI es percibido como difícil de usar, $H1_0: \neg H1_1$
- $H2_0$: MBAUI no es percibido como un método útil, $H2_0: \neg H2_1$
- $H3_0$: no existe intención de utilizar MBAUI en el futuro $H3_0: \neg H3_1$

Se presentan también las hipótesis que relacionan directamente el uso del método con el rendimiento, percepciones e intenciones de uso:

- $H4_0$: La facilidad de uso percibida no puede verse determinada por la eficiencia, $H4_0: \neg H4_1$ debido a que la eficiencia se mide por la eficiencia actual mientras



que la facilidad de uso percibida representa una medida basada en la percepción.

- $H5_0$: La percepción de la utilidad no está determinada por la efectividad, $H5_0: \neg H5_1$ ya que la efectividad es una medida basada en el rendimiento, mientras que la utilidad percibida se obtiene en base a la percepción de la efectividad.
- $H6_0$: La utilidad percibida no es determinada por la facilidad de uso percibida $H6_0: \neg H6_1$. Esta hipótesis se toma de TAM donde se encuentra que la facilidad de uso no tiene una influencia directa sobre la utilidad percibida.
- $H7_0$: La intención de uso no es determinada por la facilidad de uso percibida $H7_0: \neg H7_1$. Esta hipótesis es tomada desde TAM donde se encuentra que la facilidad de uso percibida tiene influencia sobre la intención de uso.
- $H8_0$: La intención de uso no está determinada por la utilidad percibida. $H8_0: \neg H8_1$. Esta hipótesis se toma de TAM donde se encuentra que la utilidad percibida tiene influencia directa sobre la intención de uso.

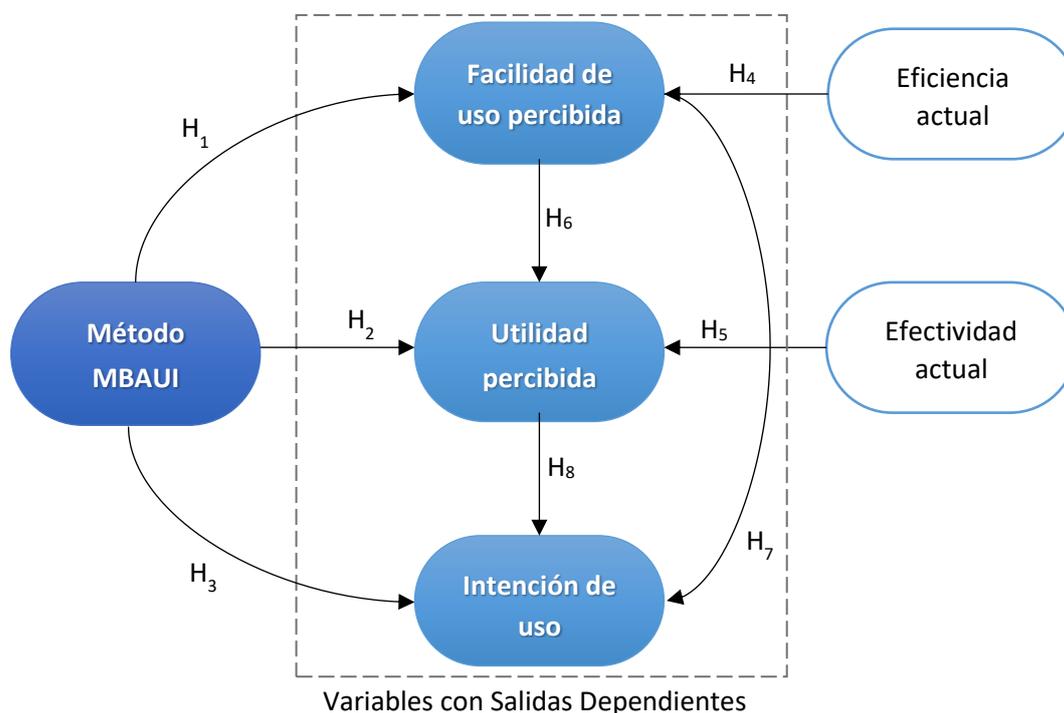


Figura 6.4: Modelo teórico para la evaluación del método. Fuente: Elaboración propia o Cedillo 2017.

En la Tabla 6.1 se listan las preguntas establecidas para medir las variables basadas en la percepción. Estos ítems se combinaron en un cuestionario de 14 preguntas, las cuales utilizan una escala de Likert de 5 puntos, con el formato de preguntas opuestas. Los ítems se colocaron aleatoriamente en el mismo grupo de constructos para prevenir errores de respuesta sistemática.

Pregunta		Declaración positiva
PEOU1	P1	El método MBAUI en las fases de análisis y diseño me ha parecido sencillo y fácil de seguir.
PEOU2	P3	De manera general, el método MBAUI en las fases de análisis y diseño es fácil de entender.
PEOU3	P4	Los pasos a seguir para crear interfaces de usuario táctiles accesibles son claros y fáciles de entender.
PEOU4	P6	Los componentes y elementos necesarios en el método MBAUI son fáciles de aprender.
PEOU5	P11	Si Ud. tuviera que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado, le resultaría fácil usar este método siguiendo los pasos proporcionados.
PU1	P2	Creo que las fases de análisis y diseño del método MBAUI reducirían el tiempo y el esfuerzo requerido para crear interfaces accesibles.
PU2	P5	De manera general, considero que las fases de análisis y diseño del método MBAUI son útiles.



PU3	P7	Los componentes necesarios para los pasos del método MBAUI son útiles.
PU4	P9	Creo que el método MBAUI es lo suficientemente expresivo para definir cómo se realizará la medición de las guías proporcionadas en las fases de diseño y análisis.
PU5	P10	Si Ud. tuviera que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado, ¿el uso de este método mejoraría su rendimiento en la creación de interfaces de usuario accesibles?
PU6	P12	De manera general, pienso que con este método puedo crear interfaces de usuario accesible correctamente.
ITU1	P8	Si Ud. tuviera que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado y tuviera que crear interfaces de usuario accesible utilizando MDD (Desarrollo Dirigido por Modelos) en el futuro, ¿cree que tomaría en cuenta este método?
ITU2	P13	Si Ud. tuviera que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado y necesitar crear interfaces de usuario accesibles, ¿utilizaría este método en el futuro?
ITU3	P14	Recomendaría el uso del método MBAUI.

Tabla 6.1: Cuestionario para medir variables de percepción. Fuente: Elaboración propia.

En el cuestionario se incluyeron dos preguntas abiertas que permiten indicar sugerencias y comentarios, para así obtener retroalimentación sobre posibles mejoras en aspectos que allí se mencionen, estas preguntas se presentan en la Tabla 6.2.

Pregunta	Declaración positiva
PA1	¿Tiene alguna sugerencia de cómo hacer que esta fase de diseño en la metodología sea más fácil de usar?
PA2	¿Cuáles son las razones por las que tiene o no la intención de usar el método MBAUI en un futuro?

Tabla 6.2: Preguntas abiertas que permiten indicar sugerencias y comentarios. Fuente: Elaboración propia.

6.4. Evaluando la utilidad percibida del método

En esta sección se presenta el cuasi-experimento realizado para la evaluación empírica del método MBAUI. Debido a que no existen métodos alternativos para la creación de interfaces táctiles accesibles en base a MDD no es posible evaluar MBAUI con respecto a otro método.

Un cuasi-experimento es una investigación empírica, donde la asignación de tratamientos a los sujetos no puede basarse en la aleatorización, sino que surge de las características de los sujetos u objetos en sí (Wohlin et al., 2013). El cuasi-experimento

será fijo y explicativo (Runeson y Höst, 2009) teniendo como método de recopilación de datos mediante encuestas y cuestionarios.

El proceso a seguir para llevar a cabo el cuasi-experimento está basado en el proceso experimental de Ingeniería de Software propuesto por Wohlin et al. (2013) que busca proveer guías de cómo realizar estudios empíricos, principalmente experimentos y cuasi-experimentos, para evaluar métodos, técnicas y herramientas en ingeniería de software orientado a estudiantes, profesores, investigadores y practicantes. Las fases del proceso han sido adaptadas para aplicar al cuasi-experimento.

El proceso del cuasi- experimento consta de las siguientes fases presentes a detalle en la Figura 6.5:

1. Definición de objetivos y preguntas de investigación
2. Diseño y planificación del cuasi-experimento
3. Recolección de datos y evidencia
4. Análisis de datos
5. Informe

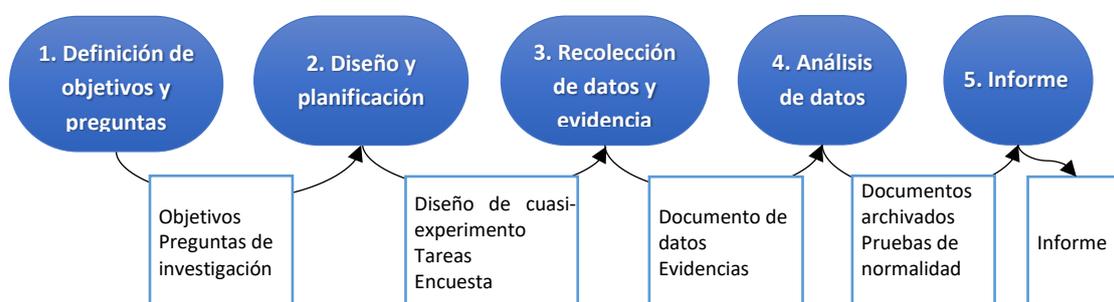


Figura 6.5: Descripción del proceso del cuasi-experimento, con entradas y salidas de cada fase.

Las primeras cuatro fases se llevan a cabo en las secciones descritas a continuación desde la sección 6.4.1 hasta la 6.4.4.

La fase de informe es representada por la documentación de cada fase realizada, por lo que la sección 6.4 corresponde al informe del cuasi-experimento, mientras que en la sección 6.4.5 se discuten las amenazas a la validez.

6.4.1. Definición de objetivos y preguntas de investigación

Los objetivos y preguntas planteados en esta subsección se obtienen en base a la experiencia previa obtenida por la implementación realizada en el Capítulo 5 y la revisión sistemática realizada para el estado del arte presentado en el Capítulo 3, así como los conocimientos de los investigadores participantes.

La meta u objetivo de este experimento se define en la Tabla 6.3 de acuerdo al paradigma Goal-Question Metric (GQM) propuesto por (Basili, Caldiera, y Rombach, 1994).

Evaluar	Las subfases finales de análisis y la subfase inicial de diseño.
Con el propósito de	Evaluar el método con respecto a la eficacia percibida.
Desde el punto de vista del	Diseñador de la aplicación.
Contexto	Personas con estudios en el campo de Ciencias de la computación e ingeniería de software.

Tabla 6.3: Meta del cuasi-experimento de acuerdo al paradigma Goal-Question Metric (GQM).
Fuente: Elaboración propia.

Las preguntas de investigación planteadas son:

RQ1: ¿MBAUI es percibido como fácil de usar y útil? De ser así, ¿las percepciones de los usuarios son el resultado de su rendimiento cuando utilizan el método para generar interfaces de usuario táctiles accesibles mediante desarrollo dirigido por modelos?

RQ2: ¿Existe una intención de uso de MBAUI en el futuro? De ser así, ¿tales intenciones de uso es el resultado de las percepciones de los participantes?

La primera pregunta de investigación puede ser estudiada mediante las hipótesis $H1_0$, $H2_0$, $H4_0$ y $H5_0$.

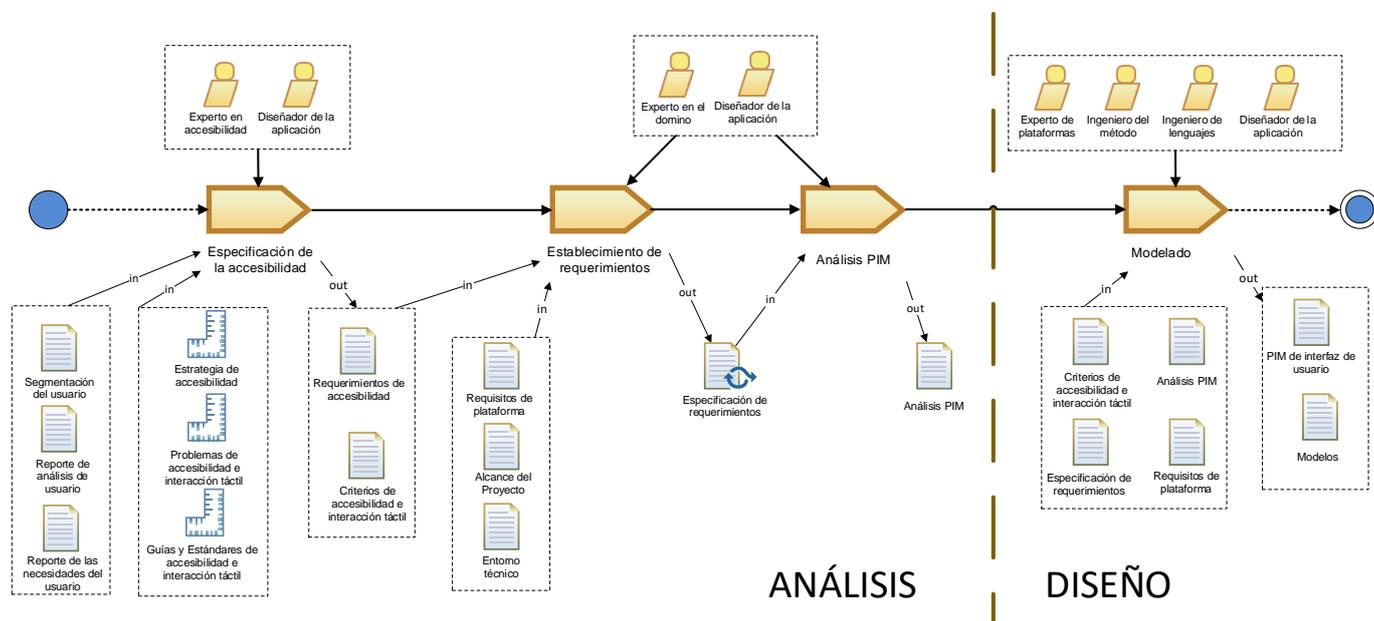
Por otra parte, la segunda pregunta de investigación puede ser estudiada a través de la formulación de las hipótesis $H3_0$, $H6_0$, $H7_0$ y $H8_0$.

6.4.2. Diseño y planificación del cuasi-experimento

En esta fase se diseñó el cuasi-experimento, las tareas necesarias, el material experimental, la selección del escenario y los participantes, así como el medio para la recolección de datos.

6.4.2.1. Contexto

El contexto está formado por el método MBAUI que se evaluará y la selección de los participantes. La evaluación se centrará en los pasos representados en la **¡Error! No se**



ncuentra el origen de la referencia.,

Figura 6.6: Pasos seleccionados para la evaluación. Fuente: Elaboración Propia.



los tres primeros pasos son los últimos de la etapa “Captura de análisis y requerimientos” del método MBAUI, mientras el último paso es el primero de la etapa “Diseño”.

Estos pasos seleccionados son centrales en el método presente ya que son en estos en los que se analiza los aspectos de accesibilidad e interacción táctil y se genera también el modelo PIM, con las restricciones necesarias en base a estos, además de esto es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos por los que el resto de las fases no se analizan:

- Los pasos de la etapa de análisis previos al paso “Especificación de accesibilidad” requieren principalmente de la participación de los usuarios finales, quienes presentan el problema de accesibilidad, así como de un profesional del área de medicina.
- Los pasos de la etapa de diseño posteriores al paso “Modelado” se centran en la transformación del modelo PIM al modelo PSM teniendo ya en este punto realizado todo el análisis necesario con respecto a la accesibilidad e interacción táctil.
- De igual manera para las fases de desarrollo y evaluación ya se realizado todo el análisis necesario con respecto a la accesibilidad e interacción táctil, y en la fase de evaluación se utilizan los criterios de accesibilidad e interacción táctil ya seleccionados en la fase de análisis para llevar a cabo la evaluación de la interfaz.

Los participantes asumieron el rol del Diseñador de la aplicación, fueron seleccionados 25 participantes, de los cuales dos son estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cuenca y los demás son

ingenieros de sistemas. Todos los participantes tienen experiencia en el ámbito de la ingeniería de software y temas relacionados a interfaces de usuario.

6.4.2.2. Tareas experimentales

El cuasi-experimento consiste en aplicar los pasos del método mencionados la sección anterior realizando cinco tareas distribuidas en cuatro pasos los cuales guardan relación directa con los pasos seleccionados del método como se muestra en la Figura 6.7.

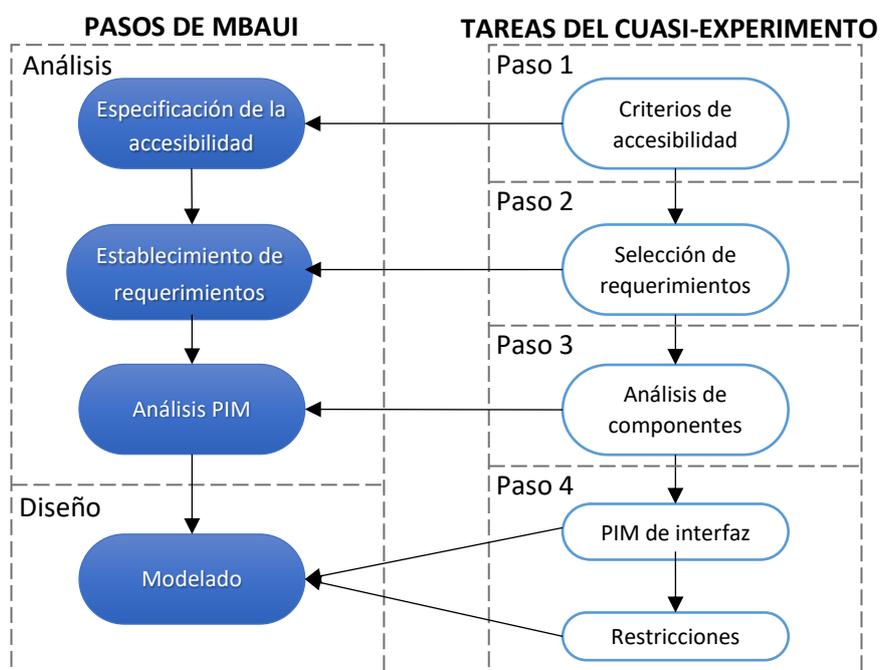


Figura 6.7: Relación entre pasos del método y tareas del cuasi-experimento. Fuente: Elaboración propia.

- 1. Tarea 1 - Criterios de accesibilidad:** los criterios accesibles que pueden incluirse en la interfaz. En esta tarea los participantes tuvieron que marcar si incluían o no los criterios de entre una lista de posibles criterios presentados en una tabla a modo de resumen de los criterios que se podrían tomar en cuenta para un caso real.

2. **Tarea 2 - Selección de requerimientos:** los requerimientos de software a tomar en cuenta. En esta tarea los participantes eligieron los requerimientos de software del planteamiento específico del ejercicio, marcando si debían incluir o no ciertos requerimientos relacionados al planteamiento y conocimiento de interfaces.
3. **Tarea 3 - Análisis de componentes:** los componentes que pueden ser parte de la interfaz. Los participantes tuvieron que seleccionar los componentes que podría tener la interfaz en base a un listado de posibles componentes entre los más comunes para las interfaces y el conocimiento propio de los participantes.
4. **Tarea 4 - PIM de interfaz:** los elementos que pueden pertenecer al modelo PIM de la interfaz. En esta tarea los participantes tuvieron como guía un modelo PIM de interfaz de usuario como ejemplo, de este se sacaría un listado en el que los participantes eligieron que elementos serían necesarios para el modelo PIM del ejercicio.
5. **Tarea 5 – Restricciones:** las restricciones o reglas que debe tener el modelo. Los participantes tuvieron que relacionar los criterios de accesibilidad escogidos en la tarea 1 con los elementos seleccionados en la tarea 4, para indicar a que elemento se aplicaría que criterio a modo de restricción en el modelo.

6.4.2.3. Variables

De MEM se obtienen las variables dependientes de interés basadas en percepción, las cuales se muestran en la Tabla 6.4, estas variables son medidas en base a una escala de Likert de 5 puntos y fueron usadas para evaluar el método, en base a 14 preguntas cerradas (5 para facilidad de uso percibida, 6 para utilidad percibida y 3 para intención de uso). El valor agregado para cada variable subjetiva fue calculado

como la media aritmética de las respuestas a las preguntas asociadas con cada variable dependiente subjetiva.

Variable	Descripción
Facilidad de Uso Percibida (PEOU)	El grado en que los participantes creen que usando MBAUI pueden estar libres de esfuerzo.
Utilidad Percibida (PU)	Es el grado en que los participantes creen que el método MBAUI será eficaz para mejorar su rendimiento.
Intención de Uso (ITU)	En qué medida los participantes tienen la intención de usar el método MBAUI, en el caso de realizar ingeniería de software basándose en meta modelado y necesitar crear interfaces de usuario táctiles accesibles. Esto representa un juicio de la eficacia del método y puede ser utilizado para predecir la aceptación del método en la práctica.

Tabla 6.4: Variables dependientes basadas en la percepción. Fuente: Elaboración propia.

La eficacia y la efectividad también fueron medidas mediante variables de rendimiento y función. La Tabla 6.5 muestra las variables basadas en el rendimiento.

En la Tabla 6.4 se muestran las variables basadas en el rendimiento de interés y la función de medición usada para determinar sus valores.

Las variables basadas en el rendimiento de interés, es decir la eficiencia y la efectividad también se midieron, estas variables y su función de medición se muestran en la Tabla 6.5.

Variable	Descripción
Efectividad	$Efectividad = \frac{\text{Número de tareas realizadas correctamente}}{\text{Número total de tareas}}$
Eficiencia	$Eficiencia = \sum_{i=1}^n \text{Tiempo empleado en la tarea}_i$

Tabla 6.5: Variables basadas en el rendimiento de interés. Fuente: Elaboración propia.



6.4.2.4. Material experimental

Las tareas que forman parte del cuasi-experimento y el cuestionario para medir la percepción del usuario luego de que se ha completado el cuasi-experimento, se realizan en base al conjunto de documentos que conforman el material experimental.

El material incluye la presentación de conceptos y explicación previa, así como indicaciones, tareas y ejemplos utilizados para el entrenamiento de los participantes. Los documentos se han adjuntado a los anexos del presente trabajo de titulación y se explica a continuación:

- 1. Presentación:** Contiene una descripción del contexto en el que se ha desarrollado el método, y la utilidad del mismo, así como una descripción de los pasos del método que serán objeto de la evaluación, junto con los artefactos y guías de las entradas y salidas de estos pasos, y los roles involucrados en la ejecución de estos pasos (Apéndice D:8).
- 2. Guía de aplicación:** Presenta datos específicos, gráficos y ejemplos de componentes utilizados en las tareas que se realizan en el cuasi-experimento, por lo que este documento es el soporte principal de las tareas a realizar (Apéndice D:9).
- 3. Ejercicio Guía:** Es un ejemplo resuelto que sirve como explicación de cómo realizar el cuasi-experimento (Apéndice D:10).
- 4. Experimento:** El documento que presenta las tareas a cumplir para el cuasi-experimento, cada tarea consta con un enunciado que indica el procedimiento a llevar a cabo y si es necesario una referencia al documento “Guía y Anexos” (Apéndice D:11).

5. **Cuestionario:** Contiene preguntas cerradas que se muestran en la Tabla 6.1 para analizar las variables subjetivas y dos preguntas abiertas Tabla 6.2 para obtener datos de opinión sobre el método. El cuestionario se puede observar en el Apéndice E:12.

Los documentos mencionados se encuentran presentes en la sección de Apéndices, pero también pueden ser descargados en línea mediante el siguiente enlace: <https://sites.google.com/ucuenca.edu.ec/evaluacion-mbau/inicio>.

El enlace presentado abrirá una página web con la siguiente estructura:

- **Inicio:** La sección inicial de la página web con información del grupo de investigación GIIT (Figura 6.8).



Figura 6.8: Sección de inicio de la página web. Fuente: Elaboración propia.

- **Entrenamiento:** Como se ve en la Figura 6.9 y la Figura 6.10 la sección entrenamiento contiene los documentos necesarios para la sesión de entrenamiento previa al cuasi-experimento, así como indicaciones para esta sesión.



Pasos a seguir

En esta sección se presenta lo necesario para conocer el método de creación de interfaces táctiles accesibles basadas en desarrollo dirigido por modelos, y como desarrollar el experimento.

A continuación se presentan 3 documentos para su descarga y revisión en orden sugerido de lectura:

- Presentación: Archivo con la información general del método en diapositivas.
- Guía: Documento con información del método, datos relevantes, y anexos útiles para la implementación del experimento.
- Ejercicio Guía: Ejemplo de aplicación del ejercicio, documento útil como ayuda en la ejecución del experimento.

Figura 6.9: Pasos a seguir en el entrenamiento, sección Entrenamiento de la página web. Fuente: Elaboración propia.

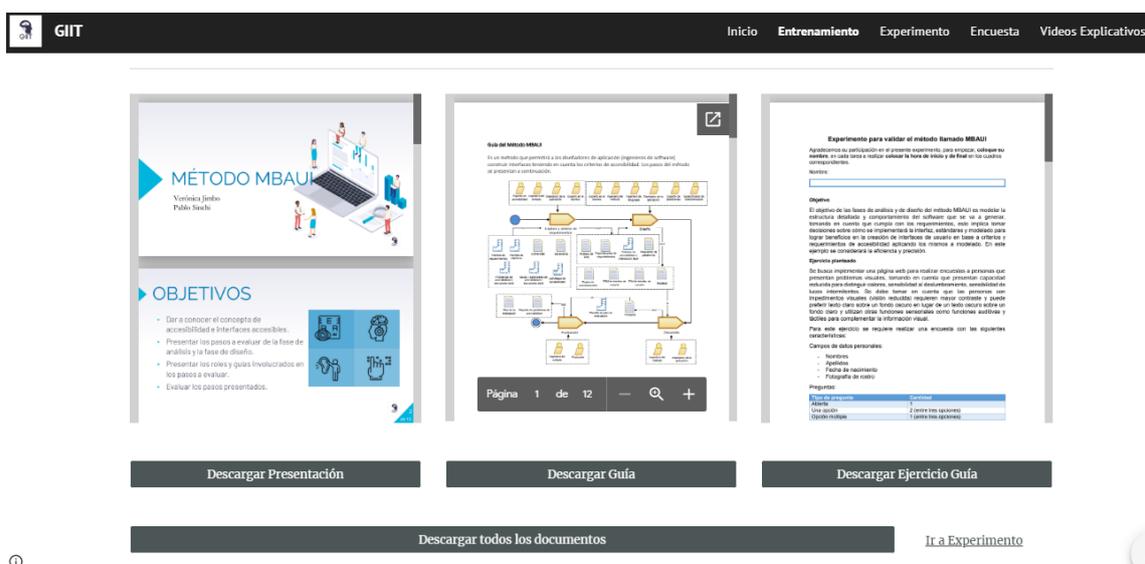
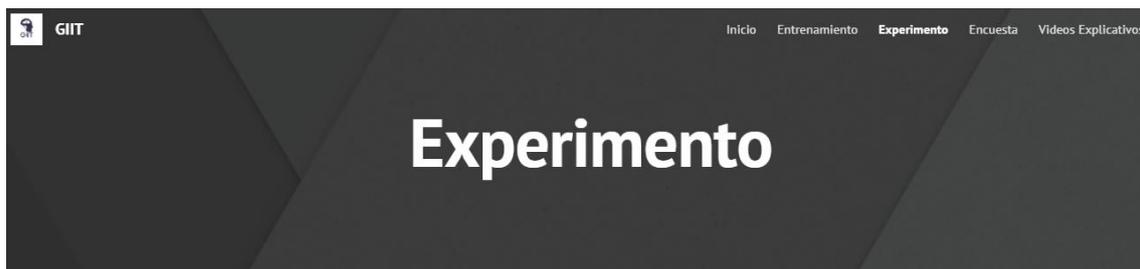


Figura 6.10: Descarga de documentos para la sesión de entrenamiento, sección Entrenamiento de la página web. Fuente: Elaboración propia.

- **Experimento:** Contiene los documentos para ejecutar el cuasi-experimento (Figura 6.11 y Figura 6.12) y el apartado para subir el archivo con el cuasi-experimento resuelto (Figura 6.13).



En esta sección se presenta lo necesario para realizar el experimento del método de creación de interfaces táctiles accesibles basadas en desarrollo dirigido por modelos.

A continuación se presentan 2 documentos para su descarga:

- Guía y Anexos: Documento con información del método, datos relevantes, y anexos útiles para la implementación del experimento.
- Experimento: Documento con las indicaciones y pasos del experimento que se debe realizar.

Figura 6.11: Pasos a seguir en el cuasi-experimento, sección Experimento de la página web.
Fuente: Elaboración propia.

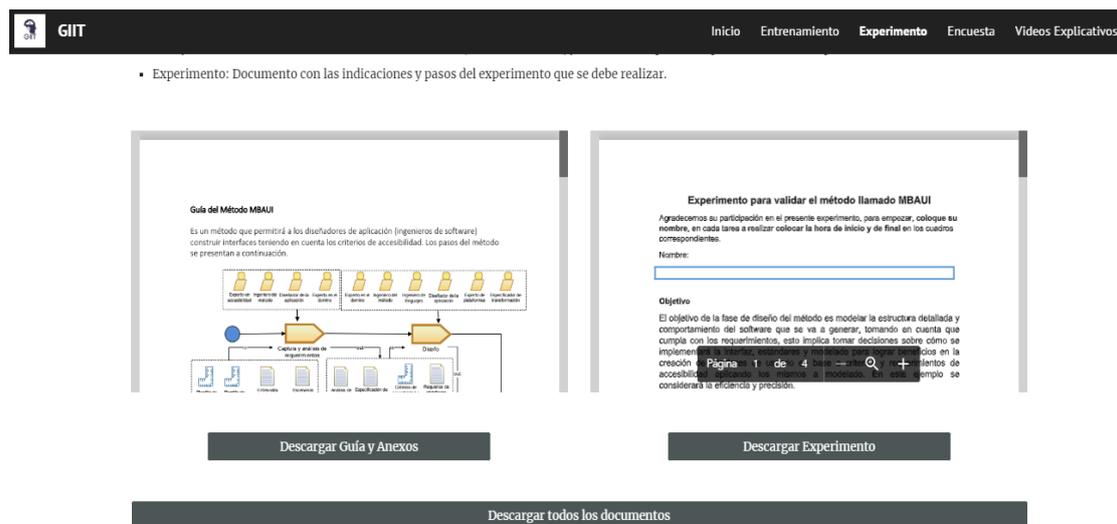


Figura 6.12: Descarga de documentos para el cuasi-experimento, sección Experimento de la página web. Fuente: Elaboración propia.

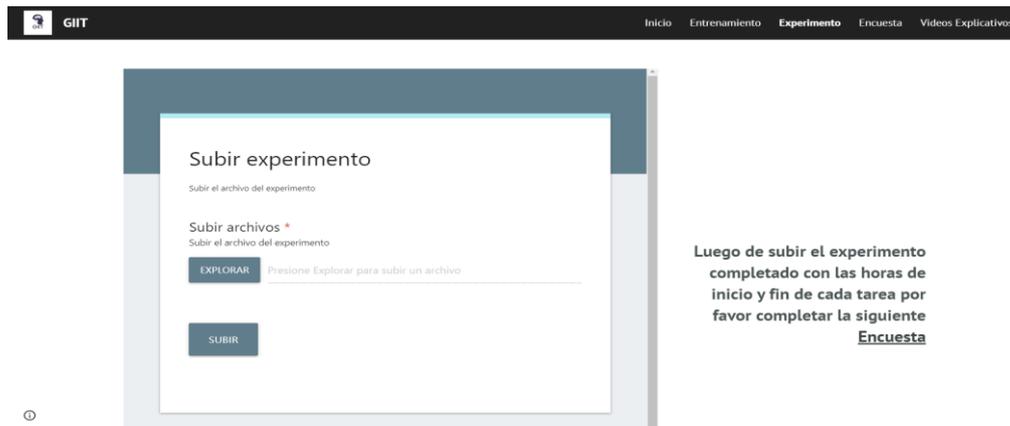


Figura 6.13: Formulario de subida de archivo, sección Experimento de la página web. Fuente: Elaboración propia.

- **Encuesta:** Presenta el espacio para realizar el cuestionario luego de concluir el cuasi-experimento (Figura 6.14).



Figura 6.14: Sección Encuesta de la página web. Fuente: Elaboración propia.

- **Videos Explicativos:** Contiene videos con la explicación realizada para la sesión de entrenamiento, así como indicaciones para realizar el cuasi-experimento (observar Figura 6.15 y Figura 6.16).



PRESENTACIÓN



Figura 6.15: Sección videos explicativos de la página web, video de presentación. Fuente: Elaboración propia.



GUÍA Y ANEXOS



ENTRENAMIENTO



Figura 6.16: Sección Videos Explicativos de la página web, videos de guía y anexos y entrenamiento. Fuente: Elaboración propia.

Los documentos se crearon en español al ser el idioma nativo de los participantes del cuasi-experimento.

6.4.3. Recolección de datos y evidencia

El cuasi-experimento se realizó de manera virtual y controlada sin interacción significativa entre los 25 participantes seleccionados previamente, dos de los cuales son



estudiantes egresados y los demás ingenieros en sistemas, como primera parte se realizó una sesión de entrenamiento que consto de una introducción al contexto del método en base al documento “Presentación”, la explicación e indicaciones de conceptos y guías en base al documento “Guía de aplicación”, y la resolución de un ejercicio guía completando las tareas en base a un enunciado diferente al planteado para los participantes.

El cuasi-experimento se llevó a cabo en 60 minutos, la sesión de entrenamiento tuvo una duración de 27 minutos, luego de la misma se dio un espacio para clarificar dudas y para que los participantes obtengan los documentos de la página web mencionada en la subsección anterior, luego de completar el cuasi-experimento los participantes completaron el cuestionario con las preguntas presentadas en la Tabla 6.1.

Antes de aplicar el cuasi-experimento se realizó una prueba piloto con 6 participantes, todos ingenieros en sistemas con conocimiento en ingeniera de software. Esta prueba nos permitió obtener información preliminar de la aplicación y entendimiento de los participantes sobre el cuasi-experimento. Como resultado de la prueba piloto se decidió cambiar los enunciados correspondientes a la tarea 3 y la tarea 5 (explicadas en la subsección 6.4.2.2) para una mejor comprensión de la actividad que debían llevar a cabo los participantes.

6.4.4. Análisis de datos

Luego de recolectarse los datos a través del material experimental, se realizó un análisis en base a tres etapas: i) análisis de percepciones del usuario, ii) análisis de rendimiento y iii) análisis de relaciones causales. Este análisis se realizó en base a pruebas, estadística descriptiva y box plots, obteniendo los datos estadísticos mediante SPSS v25.

6.4.4.1. Análisis de percepciones de usuario

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se tiene los diagramas de caja para las variables de percepción, se puede observar que la media de cada variable es superior a un valor de 3, que representa el valor neutro en la escala de Likert.

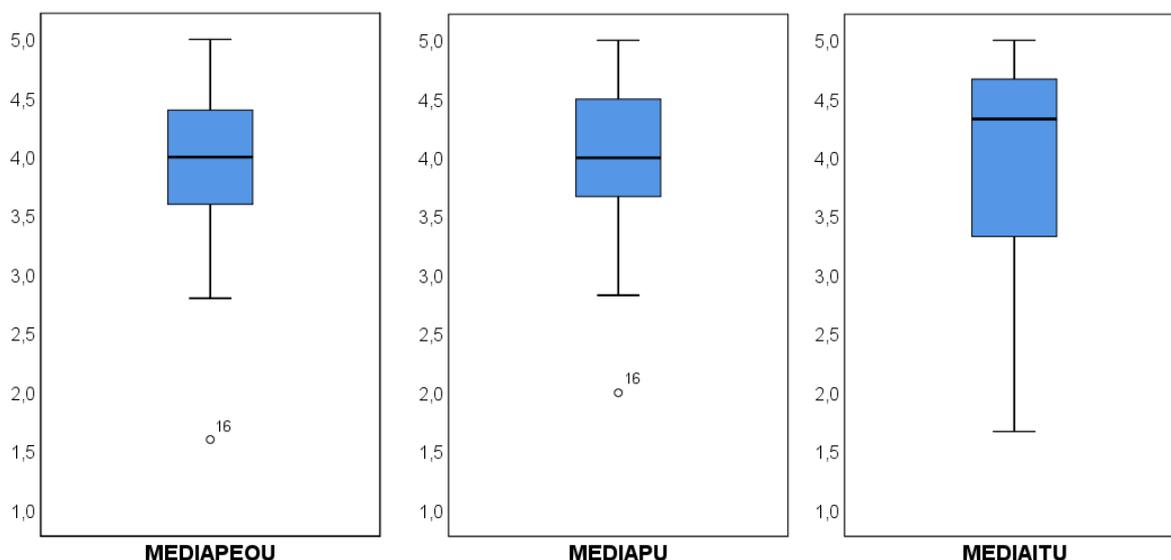


Figura 6.17: Diagrama de cajas para las variables PEOU, PU e ITU. Fuente: Elaboración propia.

En los diagramas de caja se puede observar datos anómalos (participante con id=16), estos datos anómalos se deben a problemas de conexión del participante en la sesión de entrenamiento, razón por la cual se creó una falta de información en cuanto al objetivo del método y la forma correcta de aplicación al mismo, vale recalcar que el cuasi-experimento se llevó a cabo mediante una reunión virtual debido a la actual situación mundial de pandemia. Se anula los datos del participante ya que no se ha seguido correctamente el protocolo del cuasi-experimento, con los datos de los participantes se realiza la prueba de Shapiro-Wilk, mediante la cual se comprueba si los datos se distribuyen normalmente y así elegir que test usar para comprobar las hipótesis H1, H2, H3.

En la Tabla 6.6 se muestran los valores resultantes de Shapiro-Wilk así como los valores del test realizado para la verificación de la hipótesis, como se observa las variables de PEOU y PU en la prueba de Shapiro-Wilk tienen valores superiores al 0.05 por lo que presentan una distribución normal y se prueba la hipótesis con t-test one-tailed, mientras que la variable ITU no tiene una distribución normal, por tal motivo se prueba la hipótesis con el test Wilcoxon one-tailed one-sample con valor de prueba igual al valor neutro de la escala de Likert es decir 3. Los valores obtenidos nos permiten rechazar las hipótesis $H1_0$, $H2_0$ y $H3_0$, lo que significa que los participantes perciben el método MBAUI como fácil de usar, útil y consideran que si tuvieran que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado y tuviera que crear interfaces de usuario accesible utilizando MDD utilizarían el método MBAUI.

Var	Min	Max	Media	Des.Est.	Error E.	1-T. p-valor	Shapiro-Wilk Test p-valor
PEOU	2.8	5	4	0.6129	0.12511	0.000 <0.01	0.486 >0.05
PU	2.83	5	4.0838	0.62049	0.12666	0.000 <0.01	0.398 >0.05
ITU	3	5	4.1104	0.69985	0.14286	0.000 <0.01	0.017 <0.05

Tabla 6.6: Valores de análisis de percepciones de usuario del cuasi-experimento. Fuente: Elaboración propia.

6.4.4.2. Análisis de rendimiento

La efectividad y la eficiencia de los participantes cuando utilizan MBAUI en la práctica ha sido medida. Los valores de estadística descriptiva correspondiente a las variables de rendimiento, efectividad y eficiencia se muestran en la Tabla 6.7.

En promedio la efectividad total fue de 88.33%, lo que indica que casi la totalidad de participantes han logrado realizar las tareas del cuasi-experimento correctamente. La eficiencia, calculada como el esfuerzo en minutos requerido para completar las tareas del método (Moody, 2003), tiene valores de entre 9 y 25 minutos con un valor promedio de 16.5. Ya que la prueba se realizó por medios virtuales, los valores pueden presentar



cambios debido a factores como la velocidad de conexión a Internet, el rendimiento de hardware y software usado por los participantes.

Variable	Min	Max	Media	Desviación Estándar
Efectividad	0.71	1.00	0.8833	0.06716
Eficiencia	9	25	16.5	4.71814

Tabla 6.7: Valores de estadística descriptiva del análisis de rendimiento para variables basadas en la percepción del Usuario. Fuente: Elaboración propia.

6.4.4.3. Análisis de relaciones causales

En esta sección se valida la parte estructural del MEM mediante las relaciones causales de sus constructos a excepción del Uso Actual. Para evaluar la operacionalización del MEM se ha utilizado análisis de regresión, ya que las hipótesis a ser probadas son relaciones causales entre variables continuas. Para esto se utilizara los niveles de significancia presentados por Moody (2001) que se muestran en la Tabla 6.8.

Valor de significancia	Rango
No significativo	P>0.1
Baja significancia	P<0.1
Media significancia	P<0.05
Alta significancia	P<0.01
Muy alta significancia	P<0.001

Tabla 6.8: Niveles de significancia. Fuente: Moody (2001)

Eficiencia vs. Facilidad de Uso Percibida

La definición de la hipótesis H4 permite comprobar si la Eficiencia de los participantes al aplicar el método, determina la percepción de Facilidad de Uso Percibida. Para el análisis se ha utilizado un modelo de regresión simple en el cual la eficiencia se usó como variable independiente y PEOU como la variable dependiente. La ecuación de regresión resultante del análisis es la siguiente:

$$PEOU = 3.426 + (0.035) * Eficiencia \quad (4)$$

En la Tabla 6.9 se presentan los datos del modelo de regresión el cual se encontró no significativo con $p > 0.1$. R cuadrado indica que la variable de eficiencia explica solamente el 7.2% de la varianza de PEOU. En base a todos estos datos no se puede rechazar la hipótesis nula H_{4_0} por lo que se determina que la Eficiencia de los participantes no tiene influencia sobre la percepción de Facilidad de Uso Percibida, la hipótesis H_{4_0} se acepta, es decir la Facilidad de Uso Percibida no está determinada por la Eficiencia.

	Coef(b)	Error Es.	Coef.St.	t	Sig(p)	R	R²
Constante	3.426	0.457		7.494	0.000		
Eficiencia	0.035	0.27	0.268	1.303	0.206	0.268	0.072

Tabla 6.9: Regresión entre Eficiencia y Facilidad de Uso Percibida. Fuente: Elaboración propia.

Efectividad vs. Utilidad Percibida

La definición de la hipótesis H5 permite comprobar si las percepciones de la Utilidad Percibida (PU) están determinadas por la Efectividad de los participantes. De la misma manera para el análisis se ha utilizado un modelo de regresión simple en el cual la Efectividad se usó como variable independiente y PU como la variable dependiente. La ecuación de regresión resultante del análisis es la siguiente:

$$PU = 1.447 + (2.985) * Efectividad \quad (5)$$

En la Tabla 6.10 se presentan los datos del modelo de regresión el cual se encontró no significativo con $p > 0.1$. R cuadrado indica que la variable de efectividad explica solamente el 10.4% de la varianza de PU. En base a todos estos datos se determina que la Efectividad de los participantes no tiene influencia sobre la percepción de Utilidad Percibida, la hipótesis H_{5_0} se acepta, es decir la Utilidad Percibida no está determinada por la Efectividad.

	Coef(b)	Error Es.	Coef.St.	t	Sig(p)	R	R²
Constante	1.447	1.651		0.877	0.390		
Efectividad	2.985	1.864	0.323	1.601	0.124	0.323	0.104

Tabla 6.10: Regresión entre Efectividad y Utilidad Percibida. Fuente: Elaboración propia.

PEOU vs. Utilidad Percibida

La definición de la hipótesis H6 permite comprobar si las percepciones de la Utilidad Percibida (PU) están determinadas por la Facilidad de Uso Percibida de los participantes. De la misma manera para el análisis se ha utilizado un modelo de regresión simple en el cual la PEOU se usó como variable independiente y PU como la variable dependiente. La ecuación de regresión resultante del análisis es la siguiente:

$$PU = 0.948 + (0.784) * PEOU \quad (6)$$

En la Tabla 6.11 se presentan los datos del modelo de regresión el cual se encontró de muy alta significancia con $p < 0.001$. R cuadrado indica que la variable PEOU explica el 60% de la varianza de PU. En base a todos estos datos se determina que más de la mitad de las percepciones con respecto a PU están determinadas por PEOU, la hipótesis H6₀ se rechaza, es decir PU está determinada por PEOU.

	Coef(b)	Error Es.	Coef.St.	t	Sig(p)	R	R²
Constante	0.948	0.552		1.716	0.100		
PEOU	0.784	0.137	0.774	5.742	0.000	0.774	0.600

Tabla 6.11: Regresión entre Facilidad de Uso Percibida y Utilidad Percibida. Fuente: Elaboración propia.

Utilidad Percibida vs. Intención de Uso

La definición de la hipótesis H7 permite comprobar si la Intención de Uso (ITU) está determinada por las percepciones de la Utilidad Percibida (PU) de los participantes. De la misma manera para el análisis se ha utilizado un modelo de regresión simple en el cual la PU se usó como variable independiente e ITU como la variable dependiente. La ecuación de regresión resultante del análisis es la siguiente:

$$ITU = 0.138 + (0.973) * PU \quad (7)$$

En la Tabla 6.12 se presentan los datos del modelo de regresión el cual se encontró de muy alta significancia con $p < 0.001$. R cuadrado indica que la variable PU explica el 74.4% de la varianza de ITU. En base a todos estos datos se determina que la PU de los participantes tiene influencia sobre la ITU, la hipótesis $H7_0$ se rechaza, es decir ITU está determinada por PU.

	Coef(b)	Error Es.	Coef.St.	t	Sig(p)	R	R²
Constante	0.138	0.503		0.275	0.786		
PU	0.973	0.122	0.862	7.989	0.000	0.862	0.744

Tabla 6.12: Regresión entre Utilidad Percibida e Intención de Uso. Fuente: Elaboración propia.

Intención de Uso vs. Facilidad de Uso Percibida

La definición de la hipótesis H8 permite comprobar si la Intención de Uso (ITU) está determinada por las percepciones de la Facilidad de Uso Percibida (PEOU) de los participantes. De la misma manera para el análisis se ha utilizado un modelo de regresión simple en el cual la PEOU se usó como variable independiente e ITU como la variable dependiente. La ecuación de regresión resultante del análisis es la siguiente:

$$ITU = 0.499 + (0.903) * PEOU \quad (8)$$

En la Tabla 6.13 se presentan los datos del modelo de regresión el cual se encontró de muy alta significancia con $p < 0.001$. R cuadrado indica que la variable PU influye en un 62.5% sobre ITU. En base a todos estos datos se determina que la PEOU de los participantes tiene influencia sobre la ITU, la hipótesis $H8_0$ se rechaza, es decir ITU está determinada por PEOU.

	Coef(b)	Error Es.	Coef.St.	t	Sig(p)	R	R²
Constante	0.499	0.603		0.828	0.416		
PEOU	0.903	0.149	0.791	6.056	0.000	0.791	0.625

Tabla 6.13: Regresión entre Intención de Uso y Facilidad de Uso Percibida. Fuente: Elaboración propia.

6.4.4.4. Análisis de resultados

En la Tabla 6.14 se presenta un análisis de los resultados mostrando las hipótesis planteadas y si han sido aceptadas o rechazadas, los valores de significancia y lo que indica el resultado encontrado.

Hip.	Rango	Significancia	Acción	Resultados
H1 ₀			Rechazada	MBAUI es percibido como fácil de usar.
H2 ₀			Rechazada	MBAUI es percibido como un método útil.
H3 ₀			Rechazada	Existe intención de utilizar MBAUI en el futuro.
H4 ₀	p>0.1	No significativo	Aceptada	La facilidad de uso percibida no puede verse determinada por la eficiencia.
H5 ₀	p>0.1	No significativo	Aceptada	La percepción de la utilidad no está determinada por la efectividad.
H6 ₀	p<0.001	Muy alta significancia	Rechazada	La utilidad percibida es determinada por la facilidad de uso percibida.
H7 ₀	p<0.001	Muy alta significancia	Rechazada	La intención de uso es determinada por la facilidad de uso percibida.
H8 ₀	p<0.001	Muy alta significancia	Rechazada	La intención de uso está determinada por la utilidad percibida.

Tabla 6.14: Resumen de los resultados del análisis. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las preguntas de investigación se obtiene las siguientes conclusiones:

RQ1: ¿MBAUI es percibido como fácil de usar y útil? De ser así, ¿las percepciones de los usuarios son el resultado de su rendimiento cuando utilizan el método para generar interfaces de usuario táctiles accesibles mediante desarrollo dirigido por modelos?

En base a la aceptación o rechazo de las hipótesis podemos responder a esta pregunta diciendo que los participantes ven a MBAUI como fácil de usar y útil, sin embargo, las percepciones de los usuarios no son resultado del rendimiento cuando utilizan el método.

RQ2: ¿Existe una intención de uso de MBAUI en el futuro? De ser así, ¿tales intenciones de uso es el resultado de las percepciones de los participantes?

De los resultados de validez de las hipótesis se determina que, si existe intención de uso de MBAUI en el futuro, y se concluye que estas intenciones de uso son el resultado de las percepciones de los participantes.

Los resultados globales de la aplicación de la evaluación empírica mediante el método MEM aplicado a MBAUI se pueden observar en la Figura 6.18.

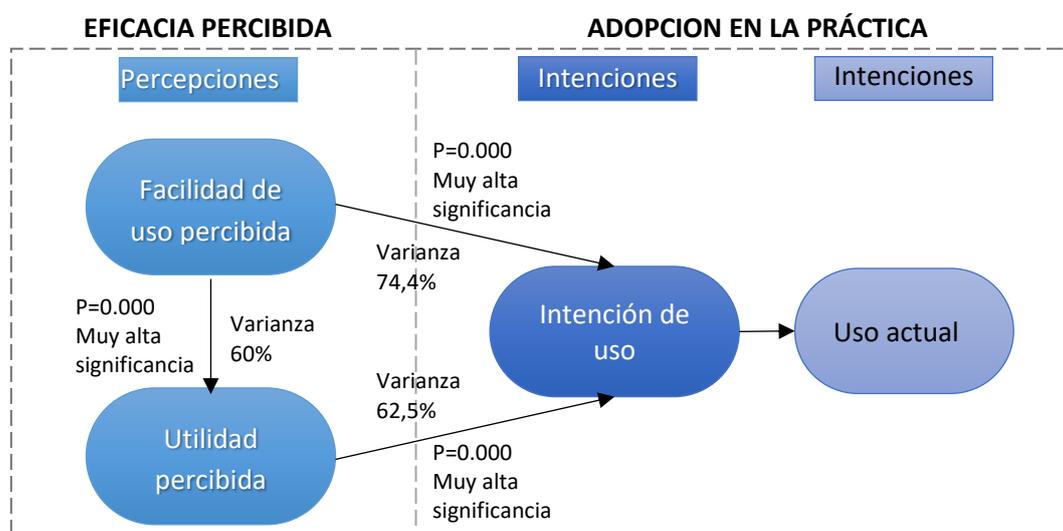


Figura 6.18: Conclusiones de aplicación de MEM. Fuente: Elaboración propia.

6.5. Amenazas a la validez

En esta sección se dan a conocer los principales problemas que pueden poner en peligro la validez del cuasi-experimento, se toman en cuenta cuatro tipos de amenazas propuestas por Cook y Campbells (1982).

6.5.1. Validez interna

Las amenazas a la validez interna son importantes en estudios que buscan establecer relaciones causales. las principales amenazas a la validez interna fueron: la experiencia de los participantes, los sesgos de autor y del material del cuasi-experimento.



Para empezar el cuasi-experimento se llevó a cabo una sesión de entrenamiento, esta ayudo a reducir la amenaza relacionada con la experiencia de los participantes. La sesión de entrenamiento permitió dar a conocer conceptos, elementos y abreviaturas relevantes a las actividades a realizar en el mismo, así como los pasos a seguir para las tareas involucradas.

En cuanto a los sesgos de autor como la comprensión del material necesario para el cuasi-experimento, estos se redujeron al llevar a cabo una prueba piloto con 6 ingenieros en sistemas, obteniendo una retro alimentación que permitió mejorar la manera de desarrollar el cuasi-experimento.

6.5.2. Validez externa

La validez externa hace referencia a los resultados generados en diferentes contextos. La principal amenaza a la validez externa es la representatividad de los resultados que puede verse afectada por el diseño de la evaluación, el contexto de participantes seleccionados y el tamaño y complejidad de las tareas experimentales (Cedillo Orellana, 2013).

El diseño de la evaluación puede afectar la generalización de los resultados debido a la complejidad del escenario de aplicación del método, los componentes y conceptos necesarios. Es por eso que para reducir el problema se ha buscado un escenario generalizado, que pueda ser adaptable a otra situación o planteamiento. Además, las tareas que se presentan en el cuasi-experimento se centran en componentes y requerimientos accesibles comunes a diferentes tipos de interfaces. Para esto también fue útil la sesión de entrenamiento como inicio del desarrollo del cuasi-experimento, dando un tiempo para responder cualquier duda que se presente por parte de los participantes.



6.5.3. Validez del constructo

La principal amenaza del constructo es la confiabilidad del cuestionario realizado. Las variables subjetivas analizadas en el cuestionario están basadas en MEM (Moody, 2003), el mismo que es un método conocido y validado empíricamente para la evaluación de tecnologías de la información. Para reforzar la confiabilidad del cuestionario se realizó una prueba de alfa de Cronbach para cada conjunto de preguntas que corresponda cada variable subjetiva, para esta prueba el umbral mínimo aceptado es de $\alpha = 0.70$ (Cedillo Orellana, 2013). Los resultados de la prueba fueron, en PEOU $\alpha = 0.791$, PU es $\alpha = 0.910$, ITU es $\alpha = 0.890$, superando el valor del umbral.

6.5.4. Validez de la conclusión

Las amenazas que afectan a la validez de la conclusión se refieren a las conclusiones estadísticas, dadas por la elección de métodos estadísticos como la elección y tamaño de la muestra.

En cuanto al tamaño de la muestra podría presentar uno de los principales problemas de validez, sin embargo, los resultados son alentadores ya que los participantes completaron con éxito las tareas. Para controlar el sesgo por diferencias individuales de los participantes, se seleccionó un grupo homogéneo y se llevó a cabo una sesión de entrenamiento con el mismo procedimiento y pasos para completar el cuasi-experimento, además las mediciones sobre las variables dependientes fueron las mismas.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

7.1. Conclusiones

En esta sección se presentan las conclusiones que se obtienen sobre el desarrollo del presente trabajo de titulación. Sobre todo, el cumplimiento de los objetivos planteados.

7.1.1. Objetivo general

Este trabajo tiene como objetivo general *establecer un método para la construcción de interfaces de usuario táctiles utilizando mecanismos de accesibilidad mediante técnicas de MDD.*

En este trabajo de titulación se ha planteado un método que permite la creación de interfaces de usuario táctiles, tomando en cuenta la accesibilidad y usando técnicas de MDD. El método al que nombramos MBAUI consta de fases que permiten obtener los requerimientos técnicos y tecnológicos, así como las condiciones accesibles de los usuarios finales, adaptar estos al diseño de modelos, restricciones y transformaciones de MDD, generar el código en sí de las interfaces y finalmente poder comprobar el funcionamiento y la accesibilidad que presentan las interfaces generadas.

La solución propuesta tiene los siguientes beneficios:

- En la aplicación del método es posible obtener metamodelos y modelos que pueden ser reutilizados, ya sea en parte o totalmente, en una nueva aplicación del método, optimizando tiempo y esfuerzo.
- El método permite adaptar diferentes tipos de impedimentos al tener en su proceso la opción de elegir varias estrategias de accesibilidad y así tener en

cuenta las necesidades de las personas en un espectro más amplio de habilidades y contexto de uso.

- Permite una mejor identificación de requerimientos, tanto de accesibilidad analizando las necesidades especiales en base a la combinación de las características, las habilidades y entorno del usuario, así como requerimientos de plataforma de software y hardware.
- Establece los pasos necesarios para adaptar las restricciones y criterios de accesibilidad al proceso MDD mediante restricciones OCL que adaptan los componentes de la interfaz a las características necesarias.
- Dentro del método, en la fase de evaluación se propone un proceso que permite evaluar la accesibilidad de las interfaces y modelos creados de manera cuantitativa.

7.1.2. Objetivos específicos

A continuación, se detallan los objetivos específicos de este trabajo de titulación

7.1.2.1. Objetivo específico 1

La fase de análisis y requerimientos tiene seis tareas que son: la identificación de requerimientos, análisis de usuario, especificación de la accesibilidad, establecimiento de requerimientos y análisis de PIM. Se describen las tareas, así como los productos de trabajo.

Analizar las tendencias y estado actual de investigaciones referentes a interfaces táctiles, interfaces accesibles y MDD.

Este objetivo se cumplió al realizar una revisión sistemática en búsqueda de métodos de creación de interfaces mediante MDD, los criterios de accesibilidad que se



deben tomar en cuenta, las herramientas tecnológicas y estándares que se pueden utilizar, así como el estado actual de la investigación de MDD para construcción de interfaces.

La revisión sistemática dio como resultado inicial un total de 547 estudios, los cuales se analizaron mediante diferentes criterios de extracción que dieron como resultado 27 estudios aceptados.

En base al análisis realizado sobre los estudios aceptados se mostró que a pesar de existir investigaciones que combinan criterios de accesibilidad con metamodelado para creación de interfaces, ninguno de ellos incluye la accesibilidad con opciones táctiles junto con la posibilidad de combinar diferentes tipos de impedimentos, así como establecer restricciones en los modelos mediante OCL.

7.1.2.2. Objetivo específico 2

Identificar y aplicar estándares apropiados para la descripción y construcción de interfaces, interfaces accesibles y MDD.

Este objetivo también se cumplió totalmente, en una primera instancia gracias a la revisión sistemática mencionada en la subsección anterior, donde se encuentra que los principales estándares utilizados en el actual estado del arte corresponden a WCAG 2.0 e ISO 9241-171. Otro aporte a los estándares apropiados es el estándar ISO/IEC 71 mencionado en el marco tecnológico, así como las consideraciones que este presenta, también en el marco tecnológico tenemos las normativas ISO 9241-920 e ISO 9241-940 que se centran en la interacción táctil y háptica. En la explicación y descripción del método MBAUI se aclara en que actividades se debe implementar y tomar como guía estos estándares.



7.1.2.3. Objetivo específico 3

Desarrollar diseños de MDD que permitan integrar accesibilidad a interfaces táctiles.

En la implementación de un caso específico para este método se generó un metamodelo de interfaz de usuario, así como un metamodelo aplicado al lenguaje HTML, esto se realizó en base a las tareas de las fases de captura y análisis de requerimientos y de diseño del método propuesto, las cuales indican el proceso a seguir para obtener los requerimientos y criterios necesarios y en base a estos poder diseñar los modelos, restricciones y transformaciones de MDD.

7.1.2.4. Objetivo específico 4

Instanciar un caso concreto de interfaces táctiles accesibles mediante diseños MDD.

Este objetivo se cumplió totalmente al aplicar el método MBAUI para instanciar un caso de interfaces táctiles accesibles adaptando a las necesidades de accesibilidad de adultos mayores tomando como referencia los datos de la guía ISO 71, la propuesta de Loureiro y Rodrigues (2014) y el trabajo de Pesántez, Acosta, Jimbo, Sinchi y Cedillo (2020) para generar interfaces de una aplicación Web que permita el ingreso de datos personales mediante opciones táctiles.

7.1.2.5. Objetivo específico 5

Evaluar los resultados mediante un cuasi-experimento.

Para cumplir este objetivo se adaptó el método MEM, planteando la meta del cuasi-experimento al aplicar GQM y basándonos en el proceso experimental propuesto por Wohlin et al. (2013).



El cuasi-experimento se realizó con 25 participantes, los participantes asumieron el rol del Diseñador de la aplicación, de ellos dos son estudiantes egresados de la carrera de ingeniería en sistemas de la Universidad de Cuenca, los demás son ingenieros en sistemas. Previo a la ejecución del cuasi-experimento se realizó una sesión de entrenamiento para explicar el contexto del método, así como conceptos necesarios, luego se realizó el cuasi-experimento y finalmente se pidió a los participantes completar un cuestionario que permitió evaluar la percepción de ellos sobre la aplicación del método, obteniendo que:

- El método MBAUI es fácil de usar y útil y considerado para usarlo a futuro.
- La efectividad, y sobre todo la eficiencia se vio afectada por las condiciones de conexión virtual de cada participante, este hecho fue inevitable debido a la situación actual de pandemia a nivel mundial.
- Se puede tomar como retroalimentación las sugerencias presentadas por los participantes en las preguntas abiertas realizadas al final del cuestionario.

7.2. Trabajo futuro

La investigación en el área de este trabajo de titulación puede continuar para ampliar y mejorar el método propuesto, principalmente los enfoques que se podrían abordar son los siguientes:

- Realizar una evaluación presencial para obtener datos que no se vean afectados inequitativamente por las condiciones de conexión virtual de cada participante.
- Realizar una evaluación de la aplicación del método sobre un caso real, analizando las percepciones de la aplicación completa del método y la accesibilidad del resultado.



- Definir documentos guías específicos para las estrategias de accesibilidad orientadas a áreas claves como las tecnologías de información y comunicación, tecnología en la salud, etc.
- Profundizar y definir criterios de accesibilidad para interfaces táctiles independientes de la plataforma.

7.3. Difusión de resultados

Se ha presentado un artículo científico aceptado en una conferencia de ámbito internacional con el siguiente detalle:

- Pesántez, P., Acosta, M. I., Jimbo, V., Sinchi, P. y Cedillo, P. (2020). "Towards an evaluation method of how accessible serious games are to older adults." Aceptado y presentado en "IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health" - SeGAH 2020, realizada de manera virtual del 14 al 16 de agosto. (Apéndice F:13)



REFERENCIAS

- Abrahão, S., Insfran, E., Carsí, J. A., & Genero, M. (2011). Evaluating requirements modeling methods based on user perceptions: A family of experiments. *Information Sciences*, 181(16), 3356–3378. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.04.005>
- Alva, M. F. S. (2014). Las personas con discapacidad en América Latina: del reconciliamiento jurídico a la desigualdad real. *Cepal*, (1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Ambler, S. W. (2003). Agile model driven development is good enough. *IEEE Software*, 20(5), 71–72. <https://doi.org/10.1109/MS.2003.1231156>
- Basili, V. R., Caldiera, G., & Rombach, H. D. (1994). The goal question metric approach. *Encyclopedia of Software Engineering*, 2, 528–532. <https://doi.org/10.1.1.104.8626>
- Berners-Lee, T., & Fischetti, M. (1999). *Weaving the web: the original design and ultimate destiny of the world wide web by its inventor*. Harper Collins (Vol. 43). <https://doi.org/10.1109/tpc.2000.843652>
- Bittar, T. J., Lobato, L. L., Fortes, R. P. M., & Neto, D. F. (2010). Accessible organizational elements in wikis with Model-Driven Development. *SIGDOC 2010 - Proceedings of the 28th ACM International Conference on Design of Communication*, 49–56. <https://doi.org/10.1145/1878450.1878459>
- Bouraoui, A., & Gharbi, I. (2019). Model driven engineering of accessible and multi-platform graphical user interfaces by parameterized model transformations. *Science of Computer Programming*, 172, 63–101. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2018.11.002>
- Bouraoui, A., & Soufi, M. (2007). Improving computer access for blind users. *Advances and Innovations in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, 29–34. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6264-3_6
- Brambilla, M., Cabot, J., & Wimmer, M. (2012). Model-Driven Software Engineering in Practice. *Synthesis Lectures on Software Engineering*, 1(1), 1–182. <https://doi.org/10.2200/s00441ed1v01y201208swe001>
- Budinsky, F., Steinberg, D., Paternostro, M., & Ed, M. (2018). *EMF: Eclipse Modeling Framework*. Addison-Wesley.
- Cabrera Alvrado, E. F., & Cárdenas Cárdenas, P. J. (2018). *Metodología para la creación de aplicaciones basadas en Microservicios para soluciones de Internet de las Cosas en Ambientes de Vida Asistidos*. Universidad de Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31511>
- Cáceres, P., Marcos, E., & Vela, B. (2003). A MDA-Based Approach for Web Information System. *Development, Proceedings of Workshop in Software Model Engineering*. Retrieved from: <http://www.metamodel.com/wisme-2003>. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/70ad/49149ea7daf3e0b89e4a245e5fd032680d95.pdf>
- Cedillo Orellana, I. P. (2013). *Un Método de Evaluación de Usabilidad de Mashups Basado en la Composicionalidad de sus Componentes*. Universidad de cuenca.
-



- Cedillo Orellana, I. P., Insfrán Pelozo, E., & Abrahao, S. (2017). Evaluación de un Método de Monitorización de Calidad de Servicios Cloud: Una Replicación Interna. *XXII Jornadas de Ingeniería Del Software y Bases de Datos (JISBD)*. Retrieved from <http://issi.dsic.upv.es/publications/articles?view=488>
- Concejo nacional para discapacidades. (2020). *Total De Personas Con Discapacidad Registradas En El Registro Nacional De Discapacidad. Concejo nacional para discapacidades*. Retrieved from <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Constituyente, A. N. (2008). Constitución De La Republica Del Ecuador Tipo De Norma. *Registro Oficial 449 de 20 Oct. 2008*, 1–222. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Cook, T., & Campbell, D. (1982). Quasi-Experimentation: Design and Analysis Issues for Field Settings. *Journal of Personality Assessment*, 46(1), 96–97. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa4601_16
- DANE. (2005). *Censo General 2005 Nivel Nacional. Departamento Administrativo Nacional de Estadística*.
- Diep, C. K., Tran, Q. N., & Tran, M. T. (2013). Online model-driven IDE to design GUIs for cross-platform mobile applications. *ACM International Conference Proceeding Series*, 294–300. <https://doi.org/10.1145/2542050.2542083>
- Durán Muñoz, F., Troya Castilla, J., & Vallecillo Moreno, A. (2013). *Desarrollo de software dirigido por modelos. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Favre, L. (2010). *Model driven architecture for reverse engineering technologies: strategic directions and system evolution*. Engineering Science Reference.
- Fernandez, A., Abrahão, S., & Insfran, E. (2011). A web usability evaluation process for model-driven web development. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6741 LNCS, 108–122. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21640-4_10
- Ferri, N. (2010). United nations general assembly. *International Journal of Marine and Coastal Law*, 25(2), 271–287. <https://doi.org/10.1163/157180910X12665776638740>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and research*. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=8o0QAQAIAAJ&q=Belief,+Attitude,+Intention+and+Behaviour:+An+Introduction+to+Theory+and+Research.&dq=Belief,+Attitude,+Intention+and+Behaviour:+An+Introduction+to+Theory+and+Research.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjy3_-VkbbcAhUQw1kKHZg0CRUQ6AEIKDAA
- Gavras, A. (2003). *Moda-tel Model-driven Methodology*.
- Gerrit Meixner, & Gaëlle Calvary. (2013). *Introduction to Model-Based User Interfaces*. Retrieved February 15, 2020, from <https://www.w3.org/2011/mbui/drafts/mbui-intro/>
-



- González-García, M., Moreno, L., & Martínez, P. (2014). Adaptation rules for accessible media player interface. *ACM International Conference Proceeding Series*, 10-12-Sept. <https://doi.org/10.1145/2662253.2662258>
- Goth, G. (2011). *Brave NUI world. Communications of the ACM* (Vol. 54). <https://doi.org/10.1145/2043174.2043181>
- Guenaga, M. L., Barbier, A., & Eguíluz, A. (2007). La accesibilidad y las tecnologías en la información y la comunicación. *Trans. Revista de Traductología*, (11). <https://doi.org/10.24310/trans.2007.v0i11.3104>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología De La Investgacion. México*. Retrieved from <https://librosenpdf.org/metodologia-de-la-investigacion-sampieri/>
- Hildenbrand, T., & Korthaus, A. (2004). A Model-Driven Approach to Business Software Engineering. *8th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, 8th*, 74–79.
- Hlaoui, B., Zouhaier, L., & Ben Ayed, L. (2019). Model driven approach for adapting user interfaces to the context of accessibility: case of visually impaired users. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 13(4), 293–320. <https://doi.org/10.1007/s12193-018-0277-z>
- IBGE. (2010). Características Gerais da População, Religião e Pessoas Com Deficiência. *Censo Demográfico 2010*, 1–215. <https://doi.org/ISSN 0101-4234>
- INDEC. (2020). Identificación de la población con discapacidad en la Argentina: aprendizajes y desafíos hacia la Ronda Censal 2020.
- INE. (2012). INE Bolivia. Retrieved from <http://sice.ine.gob.bo/ddhh2016/onu/index.php?r=site/alimentacion%0Ahttps://www.ine.gob.bo/>
- Iñesta, L., Aquino, N., & Sánchez, J. (2009). Framework and authoring tool for an extension of the UIML language. *Advances in Engineering Software*, 40(12), 1287–1296. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2009.01.020>
- ISO/IEC. (2014). GUIDE 71 Guide for adressing accessibility in standards, 2014, 47.
- ISO. (2009). ISO 9241-920: 2009 - Ergonomía de la interacción humano-sistema - Parte 920: Orientación sobre interacciones táctiles y hápticas. Retrieved August 7, 2020, from <https://www.iso.org/standard/42904.html>
- ISO. (2017). ISO 9241-940: 2017 - Ergonomía de la interacción humano-sistema - Parte 940: Evaluación de interacciones táctiles y hápticas. Retrieved August 7, 2020, from <https://www.iso.org/standard/61362.html>
- Iwa, & HWG. (2014). *Profile sheet WSP-G3-015. Web Accessibility Expert*.
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in SE, 1–44. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Kuhn, T., Gotzhein, R., & Webel, C. (2006). Model-driven development with SDL - Process, tools, and experiences. In *Lecture Notes in Computer Science (including*



- subseries *Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*) (Vol. 4199 LNCS, pp. 83–97). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/11880240_7
- Lackner, H., & Schlingloff, B. H. (2017). Advances in Testing Software Product Lines. In *Advances in Computers* (Vol. 107, pp. 157–217). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2017.07.001>
- Larrucea, X., Belen, A., Díez, G., & Mansell, J. X. (2004). Practical Model Driven Development process. In *Computer Science at Kent Second European Workshop on Model Driven Architecture (MDA) with an emphasis on Methodologies and Transformations Proceedings* (pp. 99–107).
- Loureiro, B., & Rodrigues, R. (2014). Design guidelines and design recommendations of multi-touch interfaces for elders. *ACHI 2014 - 7th International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, (c), 41–47.
- Meixner, G., Paternò, F., & Vanderdonckt, J. (2011). Past, Present, and Future of Model-Based User Interface Development. *I-Com*, 10(3), 2–11. <https://doi.org/10.1524/icom.2011.0026>
- Miñón, R., Moreno, L., & Abascal, J. (2013). A graphical tool to create user interface models for ubiquitous interaction satisfying accessibility requirements. *Universal Access in the Information Society*, 12(4), 427–439. <https://doi.org/10.1007/s10209-012-0284-x>
- Miñón, R., Moreno, L., Martínez, P., & Abascal, J. (2014). An approach to the integration of accessibility requirements into a user interface development method. *Science of Computer Programming*, 86, 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2013.04.005>
- Moody, D. (2001). *Dealing with Complexity: A Practical Method for Representing Large Entity ...* - Daniel Laurence Moody - Google Libros. (University of Melbourne & Department of Information Systems, Eds.). Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=ZkycNAAACAAJ>
- Moody, D. (2003). The Method Evaluation Model: A Theoretical Model for Validating Information Systems Design Methods. *ECIS 2003 Proceedings*. Retrieved from <https://aisel.aisnet.org/ecis2003/79>
- Moreno, B., & Inen, D. E. (2015). RESOLUCIÓN No. 16 008 MINISTERIO, 1–6.
- Myers, B. A., & Rosson, M. B. (1992). Survey on user interface programming. In *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings* (pp. 195–202). Publ by ACM. <https://doi.org/10.1145/142750.142789>
- Naciones Unidas. (2014). Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y Protocolo Facultativo. *Rev. Cienc. Salud. Bogotá (Colombia)*, 6(23), 4. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Obrenovic, Z., Abascal, J., & Starcevic, D. (2007). Universal accessibility as a multimodal design issue. *Communications of the ACM*, 50(5), 83–88. <https://doi.org/10.1145/1230819.1241668>
- OMS. (2013). Informe mundial la discapacidad discapacidad. *Convergencia Educativa*, 1–388. Retrieved from http://www1.paho.org/arg/images/Gallery/Informe_spa.pdf
-



- Orphanides, A. K., & Nam, C. S. (2017). Touchscreen interfaces in context: A systematic review of research into touchscreens across settings, populations, and implementations. *Applied Ergonomics*, 61, 116–143. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.01.013>
- Oyvind, J., & Solheim, I. (2004). New Roles in Model-Driven Development. In *Computer Science at Kent Second European Workshop on Model Driven Architecture (MDA) with an emphasis on Methodologies* (pp. 109–115).
- Parviainen, P., Takalo, J., Teppola, S., & Tihinen, M. (2009). *Model-Driven Development Processes and practices*. VTT Working Papers.
- Pascuas Rengifo, Y. S., Mendoza Suarez, J. A., & Córdoba Correa, D. E. (2015). Model-Driven Development (MDD) in the Educational Context. *Scientia et Technica Año XX*, 20(2).
- Pesántez, P., Acosta, M. I., Jimbo, V., Sinchi, P., & Cedillo, P. (2020). Towards an evaluation method of how accessible serious games are to older adults. *SEGAH*.
- Piedra García, C. D., & Tenezaca Sari, P. A. T. (2018). *Una Arquitectura de Integración Tecnológica de Internet de las Cosas y Computación en la Nube*. (Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed.). Cambridge.
- Pons, C., Giandini, R. S., & Pérez, G. (2016). Desarrollo de software dirigido por modelos. *Portal de Libros de La Universidad Nacional de La Plata*.
- República del Ecuador. Reglamento a La Ley Organica De Regimen Tributario Interno, Pub. L. No. Artículo 1, 109 Registro Oficial Suplemento 27 (2008). Retrieved from www.lexis.com.ec
- Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14(2), 131–164. <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>
- Rush, S., & EOWG. (2016). Accessibility, Usability, and Inclusion | Web Accessibility Initiative (WAI) | W3C. Retrieved from <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-usability-inclusion/>
- Ryan, B. (2013). Touchscreen devices and apps. In *Optimizing Academic Library Services in the Digital Milieu* (pp. 109–134). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-84334-732-3.50008-X>
- Sauer, S. (2011). Applying Meta-Modeling for the Definition of Model-Driven Development Methods of Advanced User Interfaces (pp. 67–86). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14562-9_4
- Savidis, A., & Stephanidis, C. (2004). Unified user interface design: designing universally accessible interactions. *Interacting with Computers*, 16(2), 243–270. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2003.12.003>
- SENADIS. (2015). *II Estudio Nacional De La Discapacidad En Chile. II Estudio Nacional de la Discapacidad en Chile*. Retrieved from <https://bit.ly/3fxuFQA>
- Shachor, G., Rubin, Y., Guy, N., Dubinsky, Y., Barnea, M., Kallner, S., & Landau, A. (2011). What you see and do is what you get: A human-centric design approach to



- human-centric process. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 66 LNBIP, 49–60. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20511-8_5
- Shawn Lawton, H. (2000). Simplemente pregunta: Integración de la accesibilidad en el diseño. Retrieved July 18, 2020, from <http://www.uiaccess.com/JustAsk/es/users.html#ref1>
- Stephanidis, C., Akoumianakis, D., Sfyarakis, M., & Paramythis, A. (1998). Universal accessibility in HCI: Process-oriented design guidelines and tool requirements. *IN PROCEEDINGS OF THE 4TH ERCIM WORKSHOP ON USER INTERFACES FOR ALL*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.43.448>
- Sukaviriya, N., Sinha, V., Ramachandra, T., & Mani, S. (2007). Model-driven approach for managing human interface design life cycle. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4735 LNCS(September), 226–240. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75209-7>
- Vieritz, H., Jeschke, S., & Pfeiffer, O. (2011). Using Web Accessibility Patterns for Web Application Development. *Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2009/2010*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16208-4>
- Vieritz, H., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2013). Early Accessibility Evaluation in Web Application Development. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8010(1), 634–641. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39191-0>
- Vieritz, H., Yazdi, F., Jazdi, N., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2013). Discussions on Accessibility in Industrial Automation Systems. *Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2011/2012*, 893–906. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-33389-7>
- Vieritz, H., Yazdi, F., Schilberg, D., Göhner, P., & Jeschke, S. (2011). User-centered design of accessible web and automation systems. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 7058 LNCS, pp. 367–378). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25364-5_26
- Wilbert O. Galitz. (2007). *Wiley The Essential Guide to User Interface Design 3rd Edition Apr 2007*.
- Wohlin, C., Runeson, P., Host, M., Ohlsson, M., Regnell, B., & Wesslen, A. (2013). *Experimentation in Software Engineering. International Journal of Education and Information Technologies* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29044-2>
- Zeferino, N., & Vilain, P. (2014). A model-driven approach for generating interfaces from user interaction diagrams. In *Proceedings of the 16th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services - iiWAS '14* (pp. 474–478). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2684200.2684326>
- Zouhaier, L., Hlaoui, Y. B., & Ayed, L. J. Ben. (2015). A model driven approach for improving the generation of accessible user interfaces.



Zouhaier, L., Hlaoui, Y. B., & Ayed, L. J. Ben. (2017). Methodology for the Development of Accessible User Interfaces Based on Meta-Model Transformations: The Case of Blind Users. *International Federation for Information Processing 2017*, 10244(May), 628–637. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59105-6>



APÉNDICES

1. Apéndice A: Documentos generados en la instanciación del método

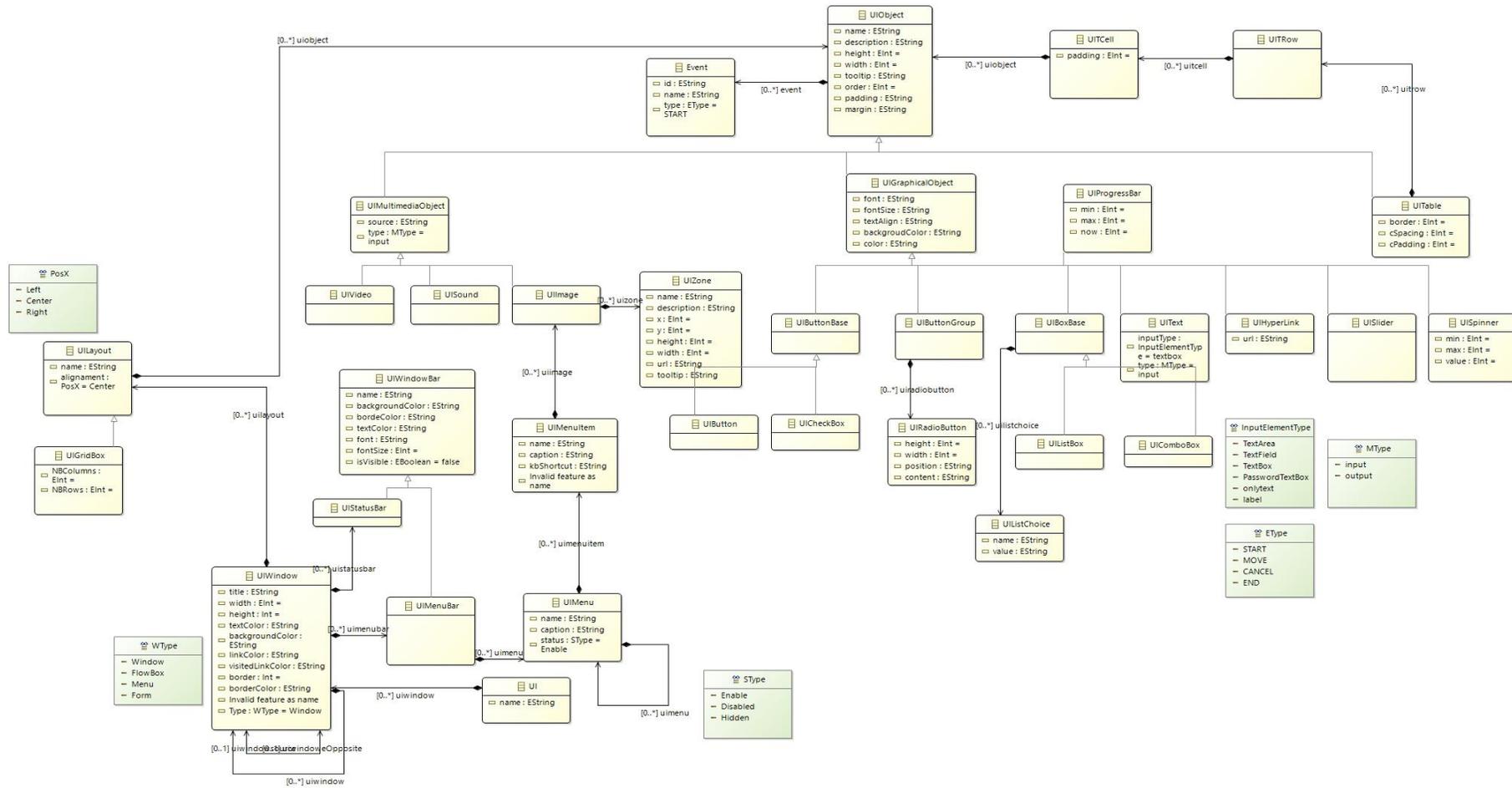
Descripción	Código
RF-01	Guardar la información
RF-02	Mostrar la información que fue almacenada.

Apéndice A:1. Requerimientos funcionales del sistema

Descripción	Código
RNF-01	La interfaz debe poseer criterios de accesibilidad específicos para adultos mayores.
RNF-02	La interfaz debe ser capaz de proveer mensajes de error en caso de que no se pueda acceder usando la voz.
RNF-03	La página debe ser sencilla e intuitiva
RNF-04	La página debe tener textos que sean legibles.

Apéndice A:2. Requerimientos no funcionales del sistema.

2. Apéndice B: Documentos de la fase de diseño



Apéndice B:3. Metamodelo PIM de la UI



```
modeltype metamodelUI "strict" uses metamodelUI('http://www.example.org/metamodelUI');
modeltype metamodelHTML "strict" uses metamodelHTML('http://www.example.org/metamodelHTML');

transformation model2model(in source:metamodelUI, out target:metamodelHTML);

main() {
source.rootObjects() [UI]->map Model2Model();
}
mapping UI:: Model2Model() : Sitio
{
Name:=self.Name;
htmls+=self.uiwindow->map toHtml();
}

mapping UIWindow:: toHtml():html{
lang:="es";
name:=self.Title;
headl:=self.map windowHead();
bodye:=self.map windowBody();
}

mapping UIWindow:: windowHead(): head
{
result.title:=self.map windowTitle();
}

mapping UIWindow:: windowTitle(): title
{
result.Name:=self.Title;
}

mapping UIWindow:: windowBody(): body
{
result.block:=self.map toForm();
}else{
result.block:=self.uiLayout->select(x | x.oclIsKindOf(UILayout)) [UILayout]->map toDiv();
}

mapping UIWindow:: toForm() : form{
result.id:="form-task";
result.block:=self.uiLayout->select(x | x.oclIsKindOf(UILayout)) [UILayout]->map toDiv();
}

mapping UILayout:: toDiv() : div
{
result.id:=self.Name;
result.selector:=self.map selectorDiv('div');
var val: String;
val:="true";
var index: Integer;
index:=0;
var aux: Integer;
aux:=self.uiobject->size();
while (val.equalsIgnoreCase("true")){
result.inline+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UILabel) and x.Order=index and x.oclAsType(UILabel))
result.inline+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UITextInput) and x.Order=index and x.oclAsType(UITe
result.inline+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UITextInput) and x.Order=index and x.oclAsType(UITe
result.inline+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UIButton) and x.Order=index) [UIButton]->map toComp
result.inline+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UImage) and x.Order=index) [UImage]->map toImage()
result.inline+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UISound) and x.Order=index) [UISound]->map toSound()
result.block+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UIVideo) and x.Order=index) [UIVideo]->map toVideo();
result.block+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UITable) and x.Order=index) [UITable]->map toTable();
result.block+=self.uiobject->select(x | x.oclIsKindOf(UILabel) and x.Order=index and x.oclAsType(UILabel)).
log("cantidad de objetos"+(self.uiobject->size()).toString()+"Indice "+index.toString());
if(index=aux){
val:="false";
};
index:=index.+1);
}
}
}
```

Apéndice B:5. Reglas de transformación de Modelo a Modelo usando QVT



```
[comment encoding = UTF-8 /]
[module generate('http://www.example.org/metamodelHTML')]
[template public generateElement(aSitio : Sitio)]
[comment @main/]
[for(t:html | aSitio.htmls) separator ('\n')]
[file ('/Tarea/'+t.name+'.html', false, 'UTF-8')]
<!DOCTYPE html>
<HTML>
<head>
<title>[t.head1.title.Name]/</title>
<LINK href="[css/'+t.name+'.css']" rel="stylesheet" type="text/css">
</head>
<body>
[for(forml:block | t.body.block.oclAsType(form)) separator ('\n')]
<form id="[forml.id/]">
[for(as:block | forml.block.oclAsType(div)) separator ('\n')]
<div [for(atribut:Attribute | as.attribute) separator (' ')] [if (atribut.oclIsTypeOf(Attribute))] [atribut.property]
[for(elements:block | as.block) separator ('\n')]
[if (elements.oclIsTypeOf(p))]
  <p [for(atribut:Attribute | elements.attribute) separator (' ')] [if (atribut.oclIsTypeOf(Attribute))] [atribut.property]
[/if]
[/for]
[for(element:inline | as.inline) separator ('\n')]
  [if (element.oclIsTypeOf(label))]
  <label >[element.text]/</label>
  [/if]
  [if (element.oclIsTypeOf(input))]
  <input [for(atribut:Attribute | element.atributo) separator (' ')] [if (atribut.oclIsTypeOf(Attribute))] [atribut.property]
  [/if]
  [if (element.oclIsTypeOf(textarea))]
  <textarea [for(atribut:Attribute | element.atributo) separator (' ')] [if (atribut.oclIsTypeOf(Attribute))] [atribut.property]
  [/if]
  [if (element.oclIsTypeOf(img))]
  <img [for(atribut:Attribute | element.atributo) separator (' ')] [if (atribut.oclIsTypeOf(Attribute))] [atribut.property]
  [/if]
  [if (element.oclIsTypeOf(button))]
  <button type:[element.text/]>[element.text]/</button>
  [/if]
[/for]
</div>
[/for]
</form>
[/for]
</body>
</HTML>
[/file]
[/for]

[file ('/Tarea/css/'+t.name+'.css', false, 'UTF-8')]
[t.body.selector.name/] {
  [for(as:CSSAttribute | t.body.selector.cssattribute)]
  [as.property]:[as.value/];
  [/for]
}

[for(blocks:block | t.body.block)]
  [if (blocks.block->size()>=1) ]
  [for(blockss:block | blocks.block)]
    [if (blockss.selector.cssattribute->size()>=1) ]
    [blockss.selector.name/] {
      [for(as:CSSAttribute | blockss.selector.cssattribute)]
      [as.property]:[as.value/];
      [/for]
    }
  [/if]
[/for]

[for(iselector:selector | blockss.inline.selector)]
[if (iselector.cssattribute->size()>=1)]
[iselector.name/] {
  [for(as:CSSAttribute | iselector.cssattribute)]
  [as.property]:[as.value/];
  [/for]
}
[/if]
[/for]
```

Apéndice B:6 Reglas de transformación de Modelo a Texto usando Aceleo.



3. Apéndice C: Código fuente de la aplicación

```
var firebaseConfig = {
  apiKey: "AIzaSyB5nq9rAWO_2IbzxWmO8PkZstCaBgQ65ZA",
  authDomain: "fast-crud.firebaseio.com",
  databaseURL: "https://fast-crud.firebaseio.com",
  projectId: "fast-crud",
  storageBucket: "fast-crud.appspot.com",
  messagingSenderId: "1034092730346",
  appId: "1:1034092730346:web:c9f96fa2be52cae4c9c493"
};
// Initialize Firebase
firebase.initializeApp(firebaseConfig);
```

```
const db = firebase.firestore();
const taskForm = document.getElementById("form-task");
const tasksContainer = document.getElementById("tasks-container");

const saveTask = (title, description) =>
  db.collection("tasks").doc().set({
    title,
    description,
  });
```

Apéndice C:7 Código de base de datos de Firebase.



```
let editStatus = false;
let id = '';

var SpeechRecognition = SpeechRecognition || webkitSpeechRecognition;
var SpeechGrammarList = SpeechGrammarList || webkitSpeechGrammarList;
var SpeechRecognitionEvent = SpeechRecognitionEvent || webkitSpeechRecognitionEvent;
var textError = document.querySelector('.mvoice');

var campoTitle = document.querySelector('#task-title');
var campoDescription = document.querySelector('#task-description');
var listenTitle = document.querySelector('#start_title');
var listenDescription = document.querySelector('#start_description');
var activo = false;
function insertTitle(){
    if(activo){
        listenTitle.src = 'imagenes/microfono.gif';
        activo = false;
    }
    else{
        listenTitle.src = 'imagenes/microfonoanim.gif';
        activo = true;
        var reconocimiento = new SpeechRecognition();
        reconocimiento.lang = 'es-CO';
        reconocimiento.interimResults = false;
        reconocimiento.maxAlternatives = 1;
        reconocimiento.start();
        reconocimiento.onresult = function(event){
            var resultadolisten = event.results[0][0].transcript;
            textError.textContent = resultadolisten;
            if(resultadolisten != ''){
                console.log('correcto');
                campoTitle.value=resultadolisten;
            }
            else{
                textError.textContent = "No se escucha nada. Intentalo de nuevo!"
            }
            console.log('Confidencial: ' + event.results[0][0].confidence);
        }
    }
    reconocimiento.onspeechend = function() {
        reconocimiento.stop();
        listenTitle.src = 'imagenes/microfono.gif';
        activo = false;
    }
    reconocimiento.onerror = function(event) {
        textError.textContent = 'Algo fallo intentalo de nuevo';
        console.log('error' +event.error);
    }
}
}
```

Apéndice C:2 Código reconocimiento de voz para el ingreso del título

4. Apéndice D: Artefactos usados para la evaluación del método

MÉTODO MBAUI

Verónica Jimbo
Pablo Sinchi

▶ OBJETIVOS

- ▶ Dar a conocer el concepto de accesibilidad e interfaces accesibles.
- ▶ Presentar los pasos a evaluar de la fase de análisis y la fase de diseño.
- ▶ Presentar los roles y guías involucrados en los pasos a evaluar.
- ▶ Evaluar los pasos presentados.

▶ ACCESIBILIDAD

Accesibilidad se puede describir como "el arte de garantizar que cualquier recurso, a través de cualquier medio, este disponible para todas las personas, tengan o no algún tipo de discapacidad" (Berners-Lee y Fischetti, 1999).

Existen diferentes condiciones (discapacidades) que pueden limitar el uso de las TIC, como una dificultad motriz de uno o varios miembros que dificulta el uso de dispositivos como el ratón o teclado, o una dificultad visual que impide el acceso a toda la información de la pantalla.

▶ ACCESIBILIDAD

12,6%

PREVALENCIA EN ECUADOR

▶ ACCESIBILIDAD

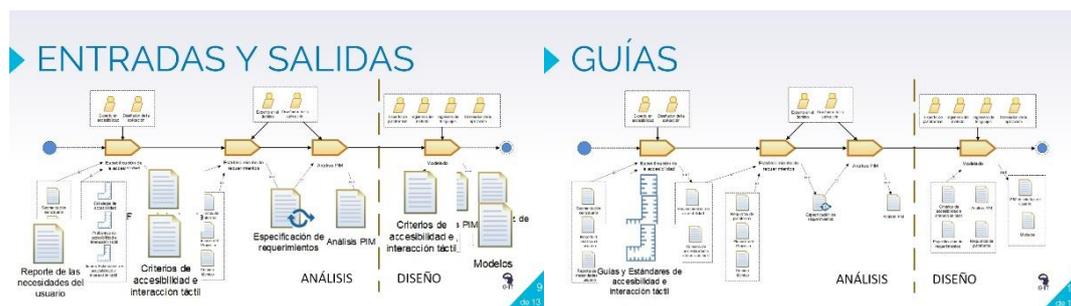
Categoría	Porcentaje
1. A color	0,00%
2. Audición	1,00%
3. Lenguaje	0,00%
4. Cerebral	0,00%
5. Coordinación	0,00%
6. Control de la mano	2,41%
7. Visión	0,00%
8. Esquema espacial	0,00%
9. Sentido del tacto	0,00%
10. Sentido del gusto	0,00%
11. Memoria	0,00%
12. Orientación	0,00%
13. Olfato	0,00%
14. Otros	0,00%
15. Otros	0,00%
16. Otros	0,00%
17. Otros	0,00%
18. Otros	0,00%
19. Otros	0,00%
20. Otros	0,00%
21. Otros	0,00%
22. Otros	0,00%
23. Otros	0,00%
24. Otros	0,00%
25. Otros	0,00%
26. Otros	0,00%
27. Otros	0,00%
28. Otros	0,00%
29. Otros	0,00%
30. Otros	0,00%
31. Otros	0,00%
32. Otros	0,00%
33. Otros	0,00%
34. Otros	0,00%
35. Otros	0,00%
36. Otros	0,00%
37. Otros	0,00%
38. Otros	0,00%
39. Otros	0,00%
40. Otros	0,00%
41. Otros	0,00%
42. Otros	0,00%
43. Otros	0,00%
44. Otros	0,00%
45. Otros	0,00%
46. Otros	0,00%
47. Otros	0,00%
48. Otros	0,00%
49. Otros	0,00%
50. Otros	0,00%
51. Otros	0,00%
52. Otros	0,00%
53. Otros	0,00%
54. Otros	0,00%
55. Otros	0,00%
56. Otros	0,00%
57. Otros	0,00%
58. Otros	0,00%
59. Otros	0,00%
60. Otros	0,00%
61. Otros	0,00%
62. Otros	0,00%
63. Otros	0,00%
64. Otros	0,00%
65. Otros	0,00%
66. Otros	0,00%
67. Otros	0,00%
68. Otros	0,00%
69. Otros	0,00%
70. Otros	0,00%
71. Otros	0,00%
72. Otros	0,00%
73. Otros	0,00%
74. Otros	0,00%
75. Otros	0,00%
76. Otros	0,00%
77. Otros	0,00%
78. Otros	0,00%
79. Otros	0,00%
80. Otros	0,00%
81. Otros	0,00%
82. Otros	0,00%
83. Otros	0,00%
84. Otros	0,00%
85. Otros	0,00%
86. Otros	0,00%
87. Otros	0,00%
88. Otros	0,00%
89. Otros	0,00%
90. Otros	0,00%
91. Otros	0,00%
92. Otros	0,00%
93. Otros	0,00%
94. Otros	0,00%
95. Otros	0,00%
96. Otros	0,00%
97. Otros	0,00%
98. Otros	0,00%
99. Otros	0,00%
100. Otros	0,00%

▶ Tecnología

▶ MÉTODO

▶ PASOS A EVALUAR

ANÁLISIS | DISEÑO



▶ SIGUIENTES PASOS

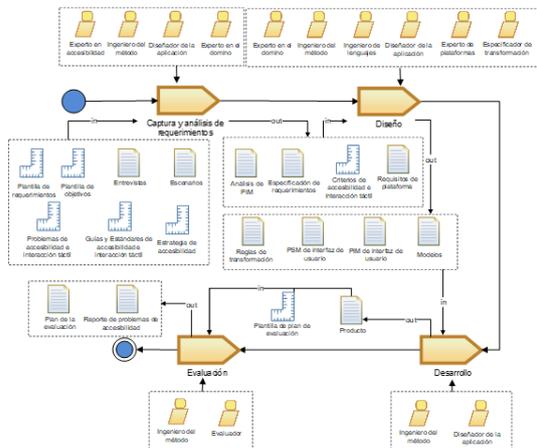
- ▶ REVISAR GUÍA Y ANEXOS
- ▶ REALIZAR EL EJERCICIO GUÍA
- ▶ REALIZAR EL EXPERIMENTO
- ▶ COMPLETAR LA ENCUESTA DE EVALUACIÓN

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Apéndice D:8 Presentación de los pasos del método que serán evaluados.

Guía del Método MBAUI

Es un método que permitirá a los diseñadores de aplicación (ingenieros de software) construir interfaces teniendo en cuenta los criterios de accesibilidad. Los pasos del método se presentan a continuación.



- Obtención de la información acerca de las capacidades características humanas y las consecuencias de los impedimentos incluidas las consideraciones de diseño respectivas para la accesibilidad
- Selección de la estrategia de accesibilidad Se define como se abordará la accesibilidad dentro del proyecto, si el producto es para personas con experiencia personalizable o grupos más generales.
- Definición de los requerimientos de accesibilidad se definen los requerimientos de accesibilidad.

Salidas:

- Requerimientos de accesibilidad
- Criterios de accesibilidad.

2.1 Establecimiento de requerimientos

Actor: Diseñador de aplicación

Entradas:

- Requerimientos de accesibilidad
- Criterios de accesibilidad

Acciones:

- Análisis de los requerimientos obtenidos y actualización del documento de especificación de requerimientos.

Salidas:

- Especificación de requerimientos

3.1 Análisis PIM

Actor: Experto del dominio

Entradas:

- Especificación de requerimientos

Acciones:

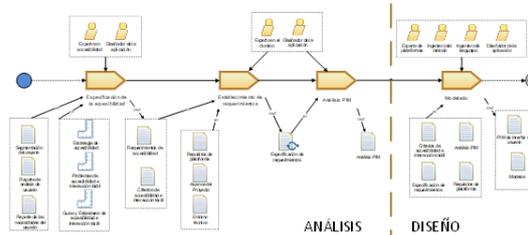
- Se genera un diagrama de estado para validar la interacción del usuario con el sistema.

Salidas:

- Análisis del modelo independiente de plataforma

Pasos a evaluar en las etapas de análisis y diseño

Se hace un énfasis en la fase de análisis y diseño en el cual se obtención de requerimientos de accesibilidad y de interacción táctil, se detallan los pasos a evaluar de la fase de análisis diseño como se muestra a continuación:



Pasos

1.1 Especificación de accesibilidad

Actor: Experto de accesibilidad, Diseñador de aplicación.

Entradas:

- Reporte de las necesidades del usuario
- Reporte de análisis de usuario
- Segmentación del usuario
- Estrategia de accesibilidad
- Problemas de accesibilidad e interacción táctil
- Guías y estándares de accesibilidad e interacción táctil.

Acciones:

4.1 Modelado

Actor: Ingeniero de lenguajes

Entradas:

- Especificación de requerimientos
- Criterios de accesibilidad
- Análisis PIM
- Requerimientos de plataforma

Acciones:

- Se crean o se eligen los metamodelos existentes.
- Se crean las restricciones del metamodelo en base a los criterios de accesibilidad elegidos.
- Se eligen los componentes de interfaz de acuerdo a los requerimientos seleccionados, que contiene los requerimientos de interfaz.

Salidas:

- Modelos
- Modelo de independiente de la plataforma de la interfaz de usuario.

Anexo 1.

Criterio de Accesibilidad e Interacción táctil

Función	Atributo	Explicación	Medida	Métrica
Visual	Idoneidad de tamaño de texto	Uso de tamaño de texto adecuado para que el usuario con problemas visuales pueda leer el contenido.	Mínimo tamaño de fuente	MinFontSize=12
	Texto en imágenes	Incluye subtítulos o texto en sus imágenes	Tamaño Descripción	descripcion.size=0
	Legibilidad de Texto	El texto es legible, se usa la fuente sans serif.	Tipo de Fuente	Ejemplo: Fonte=Arial Fonte=Helvetica Fonte>Times New Roman Fonte<Alegman

	Colores seguros	Incapacidad de discernir el azul y el amarillo, e incapacidad de percibir el rojo y confusión del rojo con el verde.	Colores a evitar	color<->verde color<->rojo color<->amarillo color<->azul
	Iconos con etiqueta	Uso de iconos seguido con texto	Tamaño Descripción	descripcion.size>0
Táctil	Tamaño de elementos interactivos	El uso de elementos de interfaz grandes.	Radio altura y ancho	ratio > 0.7mm
	Uso de pantalla	Evitar vacíos en el espacio táctil, se puede convertir en una de las causas de confusión.	Porcentaje de uso de la pantalla	Suma de las dimensiones de elementos/ dimensiones de la pantalla

Anexo 2.

Definiciones

Metamodelo Describe las clases de los objetos que forman el modelo y las relaciones entre ellos y el modelo describe los elementos que forman parte del sistema.

Modelo independiente de la plataforma (PIM) Es un modelo con un alto nivel de abstracción que es independiente de cualquier tecnología o lenguaje de implementación. Dentro del PIM se modela la interfaz sin tener en cuenta cómo va a ser implementado.

Modelo específico de la plataforma (PSM) Es un modelo resultado de refinar un modelo PIM para adaptarlo a los servicios y mecanismos que ofrecidos por una plataforma concreta.

Anexo 3.

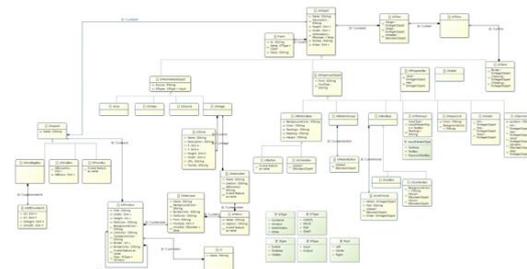
Elementos gráficos de la interfaz

Imagen	Descripción
--------	-------------

	Boton
	Boton de opción(Radio Boton)
	Casillas de opción
	Cuadro de dialogo
	Cuadro de texto
	Icono

	Lista desplegable(combobox)
	Slider
	Ventana

Anexo 4. Metamodelo PIM UI



Apéndice D:9 Guía de aplicación



Experimento para validar el método llamado MBAUI

Agradecemos su participación en el presente experimento, para empezar, coloque su nombre, en cada tarea a realizar colocar la hora de inicio y de final en los cuadros correspondientes.

Nombre:

Objetivo

El objetivo de las fases de análisis y de diseño del método MBAUI es modelar la estructura detallada y comportamiento del software que se va a generar, tomando en cuenta que cumpla con los requerimientos, esto implica tomar decisiones sobre cómo se implementará la interfaz, estándares y modelado para lograr beneficios en la creación de interfaces de usuario en base a criterios y requerimientos de accesibilidad aplicando los mismos a modelado. En este ejemplo se considerará la eficiencia y precisión.

Ejercicio planteado

Se busca implementar una página web para realizar encuestas a personas que presentan problemas visuales, tomando en cuenta que presentan capacidad reducida para distinguir colores, sensibilidad al deslumbramiento, sensibilidad de luces intermitentes. Se debe tomar en cuenta que las personas con impedimentos visuales (visión reducida) requieren mayor contraste y puede preferir texto claro sobre un fondo oscuro en lugar de un texto oscuro sobre un fondo claro y utilizan otras funciones sensoriales como funciones auditivas y táctiles para complementar la información visual.

Para este ejercicio se requiere realizar una encuesta con las siguientes características:

Campos de datos personales:

- Nombres
- Apellidos
- Fecha de nacimiento
- Fotografía de rostro

Preguntas:

Tipo de pregunta	Cantidad
Abierta	1
Una opción	2 (entre tres opciones)
Opción múltiple	1 (entre tres opciones)

Paso 1. Especificación de accesibilidad

Tarea 1. Criterios de accesibilidad

En base al Anexo 3, coloque los componentes de interfaz que Ud. crea necesarios para el presente ejercicio, identificando cada uno con un número para así en la columna "relación" colocar el o los números de aquellos componentes con los que este se relaciona.

Hora Inicio:

Hora Final:

Id	Componente	Relación
1	Ventana	
2	Etiquetas	1
3	Cuadro de texto	1,2
4	Botones de opción	1,2
5	Casillas de opción	1,2
6	Botón	1
7	Cuadro de imagen	1

Paso 4 Modelado

Tarea 1. PIM de Interfaz

En base al metamodelo PIM (Anexo 4) seleccione a continuación que elementos serán necesarios para poder llevar a cabo el planteamiento de este ejercicio.

Hora Inicio:

Hora Final:

Elemento	Incluye	No incluye
UIWindow	X	
UIMenuBar		X
UIMenu		X
UILayout	X	
UILabel	X	
UIButton	X	
UICheckBox	X	
UIRadioButton	X	
UIListChoice		X
UIText		X
UISpinner		X
UIListBox		X
UIComboBox		X
UIImage	X	
UISound	X	
UIVideo		X
UITextinput	X	
UIHyperLink		X

A continuación, se listan algunos requerimientos posibles que cumplan criterios de accesibilidad, indique si se deben o no incluir (mediante una X), tomando en cuenta el planteamiento del ejercicio, la información del Anexo 1.

Hora Inicio:

Hora Final:

Criterio	Incluye	No incluye
1 Tamaño de texto 14	X	
2 Fuente de texto Arial	X	
3 Fuente de texto Algerian		X
4 Imágenes con texto descriptivo o subtítulos	X	
5 Colores verdes y rojos		X
6 Colores amarillos junto con azules		X
7 Iconos con etiquetas	X	
8 Elementos de interfaz de radio 0.5mm		X
9 Elementos de interfaz mayor a 0.7mm	X	
10 Espacios de la pantalla sin función táctil		X

Paso 2. Establecimiento de requerimientos

Tarea 1. Selección de requerimientos

Se listan los requerimientos del software, indique cuales se incluyen o no (mediante una X), tomando en cuenta el planteamiento del ejercicio.

Hora Inicio:

Hora Final:

Id	Requerimientos	Incluye	No incluye
1	Las interfaces de usuario deberán ser de manejo sencillo, el llenado de los campos o datos no debe ser dificultoso.	X	
2	Se debe controlar el acceso por medio de cuentas de usuario.		X
3	Se debe validar los campos de la encuesta.	X	
4	El sistema deberá mostrar los mensajes o alertas en forma clara y de fácil comprensión.	X	
5	La aplicación debe permitir al usuario modificar el tamaño de letras y colores.		X
6	Las indicaciones, enunciados o preguntas deben poder presentarse a modo de sonido.	X	

Paso 3 Análisis de PIM

Tarea 1.

Tarea 2. Restricciones

En base a los elementos seleccionados en la tarea anterior especifique ahora las restricciones que estos tendrán, en base a los criterios que se incluyen en la Tarea 1 del Paso 1, en la columna "Elemento(s)" puede colocar varios elementos separándolos con una coma.

Hora Inicio:

Hora Final:

Criterio	Elemento(s)
1	UILabel, UIButton, UITextinput
2	UILabel, UIButton, UITextinput
4	UIImage
7	UIWindow
9	UIWindow, UILayout, UILabel, UIButton, UITextinput, UICheckBox, UIRadioButton, UISound, UIImage



Experimento para validar el método llamado MBAUI

Agradecemos su participación en el presente experimento, para empezar, **coloque su nombre**, en cada tarea a realizar **colocar la hora de inicio y de final** en los cuadros correspondientes.

Nombre:

Objetivo

El objetivo de la fase de diseño del método es modelar la estructura detallada y comportamiento del software que se va a generar, tomando en cuenta que cumpla con los requerimientos, esto implica tomar decisiones sobre cómo se implementará la interfaz, estándares y modelado para lograr beneficios en la creación de interfaces de usuario en base a criterios y requerimientos de accesibilidad aplicando los mismos a modelado. En este ejemplo se considerará la eficiencia y precisión.

Ejercicio planteado

Se busca implementar una página web para realizar encuestas a personas que presentan problemas visuales, tomando en cuenta que presentan capacidad reducida en visualización de imágenes, así como en el cambio de enfoque entre objetos cercanos y distantes, y problemas en campos de visión. Se debe tomar en cuenta que las personas con impedimentos visuales (visión reducida) requieren mayor contraste y puede preferir texto claro sobre un fondo oscuro en lugar de un texto oscuro sobre un fondo

1	Criterio	Incluye	No incluye
1	Tamaño de texto 14		
2	Fuente de texto Arial		
3	Fuente de texto Algerian		
4	Imágenes con texto descriptivo o subtítulos		
5	Colores verdes y rojos		
6	Colores amarillos junto con azules		
7	Iconos con etiquetas		
8	Elementos de interfaz de radio 0.5mm		
9	Elementos de interfaz mayor a 0.7mm		
10	Espacios de la pantalla sin función táctil		

Hora Final:

Paso 2. Establecimiento de requerimientos

Tarea 1. Selección de requerimientos

Se listan los requerimientos del software, indique cuales se incluyen o no (mediante una X), tomando en cuenta *el planteamiento del ejercicio*.

Hora Inicio:

Id	Requerimientos	Incluye	No incluye
1	Las interfaces de usuario deberán ser de manejo sencillo, el llenado de los campos o datos no debe ser dificultoso.		
2	Se debe controlar el acceso por medio de cuentas de usuario.		
3	Se debe validar los campos de la encuesta.		
4	El sistema deberá mostrar los mensajes o alertas en forma clara y de fácil comprensión.		
5	La aplicación debe permitir al usuario modificar el tamaño de letras y colores.		
6	Las indicaciones, enunciados o preguntas deben poder presentarse a modo de sonido.		

Hora Final:

claro y utilizan otras funciones sensoriales como funciones auditivas y táctiles para complementar la información visual.

Para este ejercicio se requiere realizar una encuesta con las siguientes características:

Campos de datos personales como: nombres y apellidos del encuestado, fecha de nacimiento, telf., etc.

Preguntas:

Tipo de pregunta	Cantidad
Abierta	2
Una opción	1 (entre tres opciones)
Opción múltiple	2 (entre tres opciones)

Paso 1. Especificación de accesibilidad

Tarea 1. Criterios de accesibilidad

A continuación, se listan algunos requerimientos posibles que cumplan criterios de accesibilidad, indique si se deben o no incluir (mediante una X), tomando en cuenta el planteamiento del ejercicio, la información del Anexo 1 (Documento "Guía de Aplicación" pág. 3).

Hora Inicio:

Paso 3 Análisis de PIM

Tarea 1. Análisis de componentes

Con base en el Anexo 3 (Documento "Guía de Aplicación" pág. 4), coloque los componentes de interfaz que Ud. crea necesarios para el presente ejercicio, identificando cada uno con un número para así en la columna "relación" colocar el o los números de aquellos componentes con los que éste se relaciona (entiéndase por relación a que el componente pertenece, está incluido o se encuentra dentro del otro).

Hora Inicio:

Número	Componente	Relación

Hora Final:

Paso 4. Modelado

Tarea 1. PIM de interfaz

En base al metamodelo PIM (Anexo 4, Documento "Guía de Aplicación" pág. 7) seleccione a continuación que elementos serán necesarios para poder llevar a cabo el planteamiento de este ejercicio.

Hora Inicio:



Elemento	Incluye	No incluye
UIWindow		
UIMenuBar		
UIMenu		
UILayout		
UILabel		
UIButton		
UICheckBox		
UIRadioButton		
UIListChoice		
UIListBox		
UIComboBox		
UIImage		
UISound		
UIVideo		
UITextInput		
UIHyperLink		

Hora Final:

Tarea 2. Restricciones

Guiándose en los elementos seleccionados en la tarea anterior especifique ahora las restricciones que estos tendrán, con base en los criterios que se incluyen en la [Tarea 1 del Paso 1](#), en la columna "Elemento(s)" puede colocar varios elementos separándolos con una coma, para esta tarea no es necesario mencionar todos los elementos de la tarea anterior pero si todos los criterios de la [Tarea 1 del Paso 1](#).

Hora Inicio:

Criterio	Elemento(s)

Hora Final:

Final del documento ■

Apéndice D:11. Experimento

5. Apéndice E: Evaluación del método

Encuesta sobre la metodología MBAUI - Ecuador 2020

Para cada una de las preguntas marque el círculo que se encuentra lo más cerca posible de su opinión.

LEA POR FAVOR CADA PREGUNTA CUIDADOSAMENTE ANTES DE DAR SU RESPUESTA

Siguiente



Encuesta sobre la metodología MBAUI - Ecuador 2020

*Obligatorio

Método MBAUI

1. El método MBAUI en las fases de análisis y diseño me ha parecido complejo y difícil de seguir. *

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo

Totalmente en Desacuerdo

2. Creo que las fases de análisis y diseño del método MBAUI reducirían el tiempo y el esfuerzo requerido para crear interfaces accesibles. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo

Totalmente de Acuerdo

3. De manera general, el método MBAUI en las fases de análisis y diseño es difícil de entender. **

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo

Totalmente en Desacuerdo



4. Los pasos a seguir para crear interfaces de usuario táctiles accesibles son claros y fáciles de entender. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

5. De manera general, considero que las fases de análisis y diseño del método MBAUI son útiles. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

6. Los componentes y elementos necesarios en el método MBAUI son difíciles de aprender. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Acuerdo Totalmente de Desacuerdo

7. Los componentes necesarios para los pasos del método MBAUI son útiles. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo



8. Si Ud. tuviera que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado y tuviera que crear interfaces de usuario accesible utilizando MDD (Desarrollo Dirigido por Modelos) en el futuro, ¿cree que tomaría en cuenta este método? *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

9. Creo que el método MBAUI "NO" es lo suficientemente expresivo para definir cómo se realizará la medición de las guías proporcionadas en las fases de diseño y análisis. *

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo Totalmente en Desacuerdo

10. Si Ud. tuviera que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado, ¿el uso de este método mejoraría su rendimiento en la creación de interfaces de usuario accesibles? *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

11. Si Ud. tuviera que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado, le resultaría fácil usar este método siguiendo los pasos proporcionados. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo



12. De manera general, pienso que con este método NO puedo crear interfaces de usuario accesible correctamente. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Acuerdo Totalmente en Desacuerdo

13. Si Ud. tuviera que realizar ingeniería de software basándose en metamodelado y necesitar crear interfaces de usuario accesibles, ¿utilizaría este método en el futuro? *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

14. No recomendaría el uso del método MBAUL. *

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo Totalmente en Desacuerdo

15. ¿Tiene alguna sugerencia de cómo hacer que esta fase de diseño en la metodología sea más fácil de usar?

Tu respuesta _____



16. ¿Cuáles son las razones por las que tiene o no la intención de usar el método MBAUI en un futuro? *

Tu respuesta _____

En el texto siguiente, por favor ingrese su nombre *

Tu respuesta _____

¿Participaría Ud. en experimentos futuros? *

Sí

No

Apéndice E:12. Cuestionario sobre el método

6. Apéndice F: Artículos aceptados en conferencias

Towards an evaluation method of how accessible serious games are to older adults

Paola Posantiro-Cabrera¹
¹Universidad de Cuenca
Cuenca, Ecuador
paula.posantiro@ucuenca.edu.ec

María Inés Acosta^{3,4}
³Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador
⁴Universidad Nacional de La Plata
La Plata, Argentina
macosta@azuay.edu.ec

Verónica Jimbo¹
¹Universidad de Cuenca
Cuenca, Ecuador
veronica.jimbo@ucuenca.edu.ec

Pablo Sinchi¹
¹Universidad de Cuenca
Cuenca, Ecuador
pablo.sinchi@ucuenca.edu.ec

Priscila Codillo¹
¹Universidad de Cuenca
Cuenca, Ecuador
priscila.codillo@ucuenca.edu.ec

Abstract— The loss of cognitive and motor functions in humans increases with age, and the aging population is expected to continue growing significantly in the following years. In this context, serious games have become a tool that supports health professionals in mitigating age-related cognitive problems. Additionally, the accessibility provided by these tools is a determinant factor when users need to adapt themselves to a particular technology. Therefore, this paper presents an accessibility model and an evaluation method useful for assessing how accessible serious games are to older adults, based on the Games Accessibility Guidelines (GAG) proposed by the International Game Developers Association and the ISO/IEC 25048. In order to validate and ensure the feasibility of this study, each activity of the proposed method has been applied to a real game that was created for improving certain cognitive functions (i.e., A Clockwork Brain suite of serious games).

Keywords— *Serious Games, Older Adults, Accessibility, Evaluation.*

I. INTRODUCTION

Over the years, the aging population has notably increased around the world, and currently, there are many solutions-oriented to improve the wellbeing of older adults, related especially to skills that are necessary for physical self-care and for performing essential tasks for independent daily living (e.g., thinking, memory, perception, communication, orientation, calculation, understanding, problem-solving), which are diminished with age [1], [2], [3]. Those issues are addressed by psychologists, whose research emphasizes how aging progressively impairs many cognitive skills and sensory-motor abilities (i.e., vision, hearing, motor control cognitive processing) [4]. The limitations of cognitive functions in older adults are classified into levels according to age (i.e., normal aging benign senescent forgetfulness, age-associated memory impairment, age-associated cognitive decline, age-related cognitive decline) [5], [6].

A way for mitigating cognitive problems proper of older adults is the use of serious games. Moreover, serious games can allow people to teach, train, and educate others and, at the same time, improve cognitive functions such as attention and memory skills.

A serious game is a game that captures the full attention of the player but has an additional potential to entertain or pass the time, which usually has an educational purpose associated with its execution [7], [8].

During the construction of a serious game, the modeling step is an important aspect to be considered. The design stage

of an application does not only respond to user needs, but it also examines the accessibility and usability of the game, as well as the user's performance [9], [10], [11].

Usability refers to the quality of human-machine interaction. Its characteristics include ease of learning, efficiency, ease of recalling, low error rate, ability to generate satisfaction, among others [12]. The System Usability Scale (SUS) is a method used to measure the user's subjective satisfaction. It consists of ten items that quantify the subjective perception of the individual to interact with an application without considering their perception [12]. Likewise, the heuristic evaluation is another method used to determine the usability of an application or product [13]. It presents three phases: 1) *inspection phase*, which evaluates the user interface, 2) *preparation phase* to prepare the list of identified problems for aggregation, and 3) *aggregation phase* that generates a single report of usability problems [13].

Accessibility refers to the ability of an application to be used despite the condition or disability of a person [14], [15]. Game accessibility implies the analysis of technical accessibility, game content accessibility, and game-playing interface accessibility during the construction of a product [16]. In the market, there is a great variety of games available for all types of users, ages, and interests (i.e., military, governmental, gamification, recreation, sports, healthcare) [7].

For this study, the A Clockwork Brain game suite has been selected because it stands out for training the brain and providing cognitive support [17]. Total Eclipse distributes this software application on the web, and it has been developed for the Android platform.

To evaluate whether the game is suitable for healthy older adults, the previously stated concept of accessibility must be applied for an analysis based on the fact that this population has different physical and cognitive conditions primarily due to aging (e.g., loss of vision or hearing ability, mobility problems, memory, and attention loss) [18], [19].

Game Accessibility is the "ability to play a game even when functioning under limiting conditions. Limiting conditions can be functional limitations, or disabilities—such as blindness, deafness, or mobility limitations." [19]

In order to quantify whether an application is accessible, several approaches have been examined:

1) *The World Wide Web Consortium (W3C)* has defined a set of *Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG)*

Copyright and Reprint Permission: Abstracting is permitted with credit to the source. Libraries are permitted to photocopy beyond the limit of U.S. copyright law for private use of persons those articles in this volume that carry a code at the bottom of the first page, provided the per-copy fee indicated in the code is paid through Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923. For reprint or republication permission, email to IEEE. Copyrights Manager at pubs-permissions@ieee.org. All rights reserved. Copyright ©2020 by IEEE.

Apéndice F:13. Towards an evaluation method of how accessible serious games are to older adults.

ANEXO

Anexo 1: Primitivas de modelado de SPEM 2.0

Icono	Término	Descripción
	Rol	Define un conjunto de habilidades, competencias y responsabilidades relacionadas, de un individuo o de un grupo.
	Rol en uso	Representación de rol que lleva a cabo una tarea o actividad dentro de un proceso.
	Tarea	Unidad de trabajo asignable y gestionable, identificando el trabajo que se ejecute por los roles.
	Tarea en uso	Representación de una tarea dentro de un proceso determinado.
	Actividad	Representación de un conjunto de tareas que se ejecutan dentro del proceso, junto con sus roles y productos asociados.
	Producto de trabajo	Producto usado o producidos por las tareas. Existen dos tipos de productos: Artefacto de naturaleza tangible (modelo, documento, código, archivos, etc.) y entregable para empaquetar productos con fines de entrega a un cliente interno o externo.
	Producto de trabajo en uso	Información adicional relacionada con otros elementos. Activo reutilizable, directriz, documentación, plantillas.
	Guías/Directriz	Es un elemento de método (o de proceso) que provee información adicional relacionada con otros elementos.

Anexo 1: Primitivas de modelado de SPEM 2.0



GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Accesibilidad: Posibilidad de acceso a cierto objeto o elemento y facilidad para hacerlo.

Adaptabilidad: Capacidad de un objeto o persona para adaptarse a cambios dentro de un entorno o situación.

Adulto Mayor: Adulto mayor, tercera edad o anciano es una persona que tiene 65 años o más, última etapa de la vida de un ser humano.

Análisis: Examen detallado de algo para conocer sus características o estado.

D

Diseño accesible: Diseño enfocado en diversos usuarios para maximizar el número de usuarios potenciales que pueden usar fácilmente un sistema en diversos contextos.

N

Necesidad de accesibilidad del usuario: Necesidad del usuario relacionada con características o atributos que son necesarios para que el sistema sea accesible.

M

MDA: Arquitectura Dirigida por modelos, aborda los desafíos de la integración de aplicaciones y los continuos cambios tecnológicos, y propone el uso de estándares como MOF, UML o XMI que en conjunto soportan al paradigma MDD.

MDD: Desarrollo Dirigido por modelos, es visto como un sinónimo de MDE ambos describen la misma metodología de desarrollo de software.



MDE: Ingeniería dirigida por modelos, en donde los modelos son considerados primarios en todos los aspectos del desarrollo.

Múltiples medios de presentación de información: Diferentes formas de presentar información.

Múltiples medios de operación: Diferentes formas de manipulación y control.

P

PIM: Es un modelo con un alto nivel de abstracción que es independiente de cualquier tecnología o lenguaje de implementación. Por lo tanto, puede ser implementado sobre diferentes plataformas.

Producto de asistencia: Cualquier producto especialmente producido o general disponible, utilizado por para personas con discapacidad para participar proteger, apoyar, capacitar, medir o sustituir las funciones/estructuras corporales y actividades o para prevenir impedimentos, limitaciones de actividad o restricciones de participación.

PSM: Se transforman en uno o más PSM, cada uno para una tecnología en particular, generalmente colaboran entre sí para una solución completa y consistente.

Q

QVT: Lenguaje estándar para describir transformaciones de modelos definido por OMG.

S

SPEM: El OMG propone al metamodelo SPEM para describir el proceso de software.

X

XMI: Es un lenguaje de intercambio de modelos.