

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

Implementación de un sistema de información para medir el nivel de usabilidad de sistemas web que brindan servicios de gobierno electrónico usando lógica difusa

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Informático

AUTOR:

Manuel Jesus Delgado Alba

ASESORES:

Dr. Freddy Alberto Paz Espinoza

Dr. Manuel Francisco Tupia Anticona

Lima, agosto de 2021

Resumen

La masificación de los servicios públicos de forma virtual es producida por la transformación digital que atraviesan los Estados y, por lo tanto, deben asegurar una alta calidad y disponibilidad de los mismos. Un componente importante en la calidad de estos portales web es la usabilidad debido a que está estrechamente relacionada con la facilidad y efectividad de su uso por parte de la ciudadanía.

En el presente trabajo de fin de carrera se realiza la implementación de un sistema de información con el fin de cuantificar el nivel de usabilidad de los sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico en el Perú. Se seleccionó un cuestionario de usabilidad adecuado para este dominio web y se implementó un algoritmo de lógica difusa para realizar la medición. Luego, se implementó el sistema de información que permite obtener el nivel de usabilidad de los sitios web y se realizó la validación de los resultados de esta aplicación con expertos en usabilidad e interacción humano-computador.

Para realizar la validación de este software, se propuso un caso de prueba sobre el nivel de usabilidad de tres sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico en Perú con el apoyo de expertos en esta área de la informática, los cuales ejecutaron una evaluación de aspectos considerados importantes en sitios web que pertenecen al dominio de los servicios públicos digitales.

Los resultados muestran que el sistema de información implementado sí cumple con su función de cuantificar el nivel de usabilidad de estos portales web y es útil para los evaluadores porque mejora su eficiencia y aumenta su productividad.



A mi madre, Anita.

Agradecimientos

Deseo agradecer, de todo corazón, a todas las personas con las que compartí clases, a mis profesores por sus valiosas enseñanzas y a mi familia por su soporte incondicional en las alegrías y en las tristezas.

A mis asesores, Dr. Freddy Paz Espinoza y Dr. Manuel Tupia Anticona, por invertir su valioso tiempo en mi formación en la etapa final de mi carrera profesional.



Tabla de Contenido

Índice de Figuras	viii
Índice de Tablas	ix
Capítulo 1. Generalidades.....	1
1.1 Problemática	1
1.1.1 Descripción	2
1.1.2 Problema seleccionado.....	4
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.2.3 Resultados esperados	5
1.2.4 Mapeo de objetivos, resultados y verificación	6
1.3 Métodos y Procedimientos	7
1.4 Herramientas, Métodos y Metodologías	9
1.4.1 Herramientas.....	9
1.4.2 Métodos y Metodologías.....	11
Capítulo 2. Marco Conceptual, Teórico y Regulatorio.....	16
2.1 Introducción.....	16
2.2 Desarrollo del marco	16
2.2.1 Marco Conceptual y Teórico.....	16
2.2.2 Marco Regulatorio.....	23
Capítulo 3. Estado del Arte.....	26
3.1 Introducción.....	26

3.2	Objetivos de revisión.....	26
3.3	Preguntas de revisión	26
3.4	Estrategia de búsqueda	27
3.4.1	Definición de términos de búsqueda	28
3.4.2	Selección de fuentes a consultar	28
3.4.3	Elaboración de la cadena de búsqueda	28
3.4.4	Ejecución de la revisión	29
3.4.5	Definición de criterios de inclusión y exclusión	30
3.5	Formulario de extracción de datos.....	30
3.6	Resultados de la revisión	34
3.6.1	Pregunta de investigación N° 1	34
3.6.2	Pregunta de investigación N° 2	36
3.6.3	Pregunta de investigación N° 3	37
3.6.4	Pregunta de investigación N° 4	38
3.7	Conclusiones.....	40
Capítulo 4. Cuestionario de Usabilidad para la Evaluación de Portales Web de Gobierno Electrónico		42
4.1	Introducción.....	42
4.2	Resultados alcanzados	42
4.2.1	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 1.1	42
4.2.2	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 1.2	44
4.3	Discusión.....	45
Capítulo 5. Módulo de <i>fuzzificación</i> y <i>desfuzzificación</i> que permita obtener la medición cuantitativa del nivel de usabilidad.....		48

5.1	Introducción.....	48
5.2	Resultados alcanzados	48
5.2.1	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 2.1	48
5.3	Discusión.....	54
Capítulo 6. Implementación del sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico usando lógica difusa.....		
6.1	Introducción.....	56
6.2	Resultados alcanzados	56
6.2.1	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 3.1	56
6.2.2	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 3.2.....	60
6.3	Discusión.....	68
Capítulo 7. Validación del sistema implementado a través de un caso de estudio de aplicaciones web disponibles en el portal “gob.pe”		
7.1	Introducción.....	71
7.2	Resultados alcanzados	71
7.2.1	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 4.1	71
7.2.2	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 4.2.....	72
7.2.3	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 4.3	73
7.2.4	Resultados alcanzados del Resultado Esperado 4.4.....	77
7.3	Discusión.....	79
Capítulo 8. Conclusiones y trabajos futuros		
8.1	Conclusiones.....	81
8.2	Trabajos Futuros.....	83
Referencias.....		85
Anexos.....		XC

Anexo A: Plan de Proyecto.....	XC
Anexo B: Formulario de Extracción.....	CXI
Anexo C: Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura	CXI
Anexo D: Matriz de trazabilidad de cuestionarios de usabilidad y artículos científicos	CXI
Anexo F: Conjunto de datos de prueba para efectuar las pruebas de caja negra del módulo de <i>fuzzificación y desfuzzificación</i>	CXII
Anexo G: Repositorio del código fuente del módulo de <i>fuzzificación y desfuzzificación</i>	CXVII
Anexo H: Documento de Visión del software.....	CXVII
Anexo I: Documento de Especificación de Requerimientos de Software.....	CXXII
Anexo J: Documento de Especificación de Casos de Uso del sistema.....	CXXVIII
Anexo K: Repositorio del código fuente del servidor de Back-End	CXXXIV
Anexo L: Diccionario de datos de la base de datos del sistema de información.....	CXXXIV
Anexo M: Repositorio del código fuente del servidor de Front-End	CXXXVII
Anexo N: Respuestas efectuadas por los expertos en usabilidad en la evaluación del sistema de información.....	CXXXVIII
Anexo O: Encuesta de validación del sistema de información	CXXXIX

Índice de Figuras

Figura 1: Variable lingüística De acuerdo	49
Figura 2: Variable lingüística Nivel de adecuación	50
Figura 3: Resultados de la medición de usabilidad reportados en la investigación de (Lemos & Nunes, 2018)	53
Figura 4: Diagrama de clases del sistema.....	58
Figura 5: Diagrama de paquetes del sistema.....	59
Figura 6: Diagrama de despliegue del sistema.....	60
Figura 7: Diagrama de base de datos del sistema de información	62
Figura 8: Pantalla de creación de proyecto de medición del sistema de información Fuzzybility	65
Figura 9: Pantalla de creación de cuestionario de medición del sistema de información Fuzzybility .	65
Figura 10: Reporte de la evaluación de los cuestionarios de usabilidad de un proyecto de medición.	67
Figura 11: Estructura de Descomposición de Trabajo.....	xcvii

Índice de Tablas

Tabla 1: Árbol de problemas para el presente proyecto de fin de carrera.....	1
Tabla 2: Medios de verificación e indicadores de los resultados esperados del primer objetivo específico	6
Tabla 3: Medios de verificación e indicadores de los resultados esperados del segundo objetivo específico	6
Tabla 4: Medios de verificación e indicadores de los resultados esperados del tercer objetivo específico	6
Tabla 5: Medios de verificación e indicadores de los resultados esperados del cuarto objetivo específico	7
Tabla 6: Herramientas y métodos a emplear para la obtención de los resultados del primer objetivo específico	7
Tabla 7: Herramientas y métodos a emplear para la obtención de los resultados del segundo objetivo específico	8
Tabla 8: Herramientas y métodos a emplear para la obtención de los resultados del tercer objetivo específico	8
Tabla 9: Herramientas y métodos a emplear para la obtención de los resultados del cuarto objetivo específico	8
Tabla 10: Principales diferencias entre un Gobierno Tradicional y un Gobierno Digital.....	17
Tabla 11: Definición de los conceptos generales usando criterios PICOC	27
Tabla 12: Resultados del proceso de búsqueda sistemática.....	29
Tabla 13: Lista de artículos considerados como relevantes.....	31
Tabla 14: Artículos que reportan el uso de técnicas de inteligencia artificial para la medición de la usabilidad.....	34

Tabla 15: Artículos que reportan el uso de lógica difusa para la medición de usabilidad en un dominio de aplicación web	36
Tabla 16: Artículos que reportan el empleo de atributos de usabilidad para su medición utilizando lógica difusa	37
Tabla 17: Artículos que describen el uso de sistemas o modelos que ejecutan la medición de la usabilidad empleando lógica difusa en aplicaciones web de gobierno electrónico	39
Tabla 18: Verificación de cuestionarios de usabilidad presentes en artículos científicos	44
Tabla 19: Tabla de resultados de encuestas aplicadas a los expertos en usabilidad	45
Tabla 20: Respuestas de los tres usuarios luego de realizar la evaluación de usabilidad	51
Tabla 21: Proceso de fuzzificación y conversión al conjunto difuso de la variable lingüística De acuerdo	51
Tabla 22: Proceso de desfuzzificación y cálculo del nivel de pertenencia del factor de usabilidad....	51
Tabla 23: Pseudocódigo de medición de la Usabilidad empleando Lógica Difusa	51
Tabla 24: Resultados de la prueba utilizando el pseudocódigo.....	53
Tabla 25: Resultados del nivel de pertenencia a la usabilidad de cada uno de los sitios web de gobierno electrónico evaluados.....	78
Tabla 26: Resultados obtenidos en base a la encuesta de validación	78
Tabla 27: Lista de expertos del área de Interacción Humano-Computador	xciv
Tabla 28: Lista de expertos alternos del área de Interacción Humano-Computador	xciv
Tabla 29: Lista de riesgos identificados en el presente proyecto	xciv
Tabla 30: Lista de tareas del presente proyecto.....	xcviii
Tabla 31: Cronograma del proyecto	ciii
Tabla 32: Personas involucradas y necesidades de capacitación en el presente proyecto	cviii

Tabla 33: Estándares o normas utilizados en el proyecto.....	cviii
Tabla 34: Equipamiento requerido en el proyecto	cix
Tabla 35: Herramientas requeridas en el proyecto.....	cix
Tabla 36: Costos identificados en el proyecto.....	cx
Tabla 37: Conjunto de datos utilizados para las pruebas del módulo de fuzzificación y desfuzzificación	cxii



Capítulo 1. Generalidades

1.1 Problemática

El árbol de problemas presentado en la Tabla 1, ayuda a la identificación de las situaciones negativas encontradas durante la revisión sistemática del presente proyecto de fin de carrera de forma que se pueda determinar, posteriormente, posibles propuestas de solución.

Tabla 1: Árbol de problemas para el presente proyecto de fin de carrera

PROBLEMAS EFECTOS	Bajo nivel de usabilidad en las aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico en el Perú.	Las aplicaciones web de gobierno electrónico en el Perú no cumplen con satisfacer las expectativas del ciudadano.	La ciudadanía del Perú no usará las aplicaciones web que brinden servicios de gobierno electrónico por falta de una adecuada usabilidad.	Imposibilidad de comparar distintas aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico para identificar posibles opciones de mejora en términos de usabilidad.	No se tendrá la capacidad de elegir la mejor propuesta de diseño en las etapas tempranas de desarrollo de aplicaciones web de gobierno electrónico en el Perú.
PROBLEMA CENTRAL	No existe un instrumento de medición que permita cuantificar apropiadamente el nivel de usabilidad de las aplicaciones web de gobierno electrónico en el Perú pues no consideran todos los aspectos que son relevantes en este tipo de aplicaciones.				
PROBLEMAS CAUSAS	No se ha determinado un cuestionario apropiado que pueda ser utilizado para medir la usabilidad de las aplicaciones web de gobierno electrónico.	Existen limitadas soluciones de software que implementen algoritmos de inteligencia artificial para la medición de usabilidad.	Los sistemas de información existentes que utilizan algoritmos de lógica difusa para la medición de usabilidad no cubren todos los aspectos que son relevantes en las aplicaciones web de gobierno electrónico.	No se ha reportado casos de estudio en donde se haya realizado la validación de sistemas de medición de usabilidad de aplicaciones web de gobierno electrónico en el Perú bajo lógica difusa en donde se demuestre la confiabilidad y validez de estas propuestas.	

Fuente: Elaboración propia

1.1.1 Descripción

En la actualidad, una de las características esenciales a tener en cuenta en el desarrollo de software es la usabilidad, que es entendida como el grado el cual un sistema, producto o servicio puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar sus objetivos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso (ISO 9241-2010, 2010). Esta propiedad, perteneciente al área de la Interacción Humano-Computador, se encuentra presente en cualquier solución de software y, debido a ello, resulta primordial asegurar un alto grado de este indicador para fortalecer la experiencia y satisfacción del usuario, así como también, el logro de sus objetivos. Del mismo modo, la usabilidad contribuye a una alta productividad, eficiencia y facilidad de uso reduciendo de esta forma, el grado de aprendizaje necesario (Hartson & Pyla, 2019).

Por otro lado, a través de los años se han propuesto distintos métodos destinados a la evaluación de la usabilidad. A modo de ejemplo, se puede mencionar a las evaluaciones heurísticas propuestas por Jakob Nielsen, las cuales consisten de directrices generales aplicables a cualquier software para realizar una evaluación integral de la usabilidad (Nielsen, 1994). Sin embargo, existen pocas aproximaciones para la medición cuantitativa de la usabilidad, debido a que la gran mayoría, como la mencionada anteriormente, tienen carácter cualitativo. Es por ello que la utilización de técnicas de la Inteligencia Artificial puede ayudar a obtener valores cuantitativos y fácilmente comparables de forma que se pueda identificar, en una etapa temprana del desarrollo de software, una propuesta de diseño superior a otra en términos de usabilidad (Lemos & Nunes, 2018). A modo de ejemplo, se puede mencionar la propuesta de utilización de métodos tales como las Redes Neuronales Artificiales (Bakaev et al., 2016), Aprendizaje de Máquina (Charonyktakis, 2016) o Redes Bayesianas (Rim et al., 2017). Sin embargo, entre estas técnicas destaca la Lógica Difusa, la cual, además de ser la más utilizada para cuantificar la medición de usabilidad, es un método que consiste en proveer

un medio natural para lidiar con problemas en los que la fuente de imprecisión es la ausencia de criterios claramente definidos de pertenencia a una determinada clase (Zadeh, 1965). A pesar de los beneficios tangibles que implica el empleo de esta técnica, se ha podido evidenciar que su utilización no se encuentra difundida para la medición de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico (Lestari et al., 2017).

A nivel global, la modernización de la administración pública se ha alcanzado con la presencia del gobierno electrónico, que se define como el uso de información y tecnologías de comunicación para prestar servicios públicos de forma que se mejore la efectividad de esta gestión (Unión Internacional de la Telecomunicación, 2009) y los servicios de gobierno digital que consisten en la prestación de servicios públicos utilizando tecnologías de internet en las que la interacción de un ciudadano con una organización pública está mediada en parte o completamente por un sistema de Tecnología de Información (Lindgren et al., 2019). Actualmente, estos servicios son brindados mediante el empleo de aplicaciones web y móviles las cuales, al ser soluciones ofrecidas para la utilización de la ciudadanía, deben presentar la característica crucial de contar con altos grados de usabilidad.

A partir de la revisión sistemática del estado del arte, se ha identificado un vacío consistente en la falta de una medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico en el Perú. Si bien existen legislaciones destinadas a promover los servicios de gobierno digital en nuestro país, la usabilidad no es un atributo de calidad considerado como importante (D.U. N° 006-2020, 2020, D.U. N° 007-2020, 2020). Por consiguiente, la principal consecuencia de este vacío, en el Estado peruano, consiste en que las aplicaciones web de gobierno electrónico presenten un bajo grado de usabilidad y, por lo tanto, que la ciudadanía no desee utilizar estos servicios lo cual contribuye al ensanchamiento de la brecha digital que se evidencia en la imposibilidad de que las personas que no cuenten con acceso a Internet sean capaces de obtener los beneficios de los servicios en línea (Duričković

& Kovacević, 2011). La incapacidad de determinar el grado de usabilidad de estas soluciones dificulta la identificación de posibles opciones de mejora en términos de satisfacción del ciudadano. Asimismo, se determinó que los cuestionarios de evaluación de usabilidad existentes no abordan aspectos que son relevantes en los sistemas web de gobierno electrónico (Lestari et al., 2017), lo cual tiene como efecto, una evaluación de usabilidad genérica y que no toma en cuenta propiedades o características esenciales de este tipo de aplicaciones web.

1.1.2 Problema seleccionado

Por lo expuesto anteriormente, en el presente proyecto de tesis se pretende abordar el principal problema identificado que es la inexistencia de un software que permita cuantificar apropiadamente el nivel de usabilidad de las aplicaciones web de gobierno electrónico en el Perú, debido a que no se consideran todos los aspectos relevantes en este tipo de aplicaciones.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Implementar un sistema de información para medir la usabilidad de portales web de gobierno electrónico mediante lógica difusa de manera que se establezcan propuestas de mejora.

1.2.2 Objetivos específicos

- O 1. Seleccionar y adaptar los cuestionarios de usabilidad para portales web orientados a servicios de gobierno electrónico.
- O 2. Desarrollar un módulo basado en lógica difusa para calcular el nivel de usabilidad de portales web que brindan servicios de gobierno electrónico.
- O 3. Implementar un sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico considerando todos los aspectos que son relevantes en este dominio de aplicación.

O 4. Validar el sistema implementado a través de un caso de estudio en el cual se mida el nivel de usabilidad de un conjunto de aplicaciones web disponibles en el portal “gob.pe”.

1.2.3 Resultados esperados

O.1.

R.1.1 Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura.

R.1.2 Cuestionario de aplicación de medición de usabilidad aplicable al dominio de aplicaciones de gobierno electrónico

O.2.

R.2.1 Módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación* que permita la obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.

O.3.

R.3.1 Documentación relacionada a la arquitectura elegida del sistema: Modelo de Vistas de Arquitectura 4 + 1.

R.3.2 Sistema de información web implementado que permita cuantificar la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.

O.4.

R.4.1 Lista de criterios de selección de los sujetos de prueba tomados del sitio web de gobierno electrónico.

R.4.2 Sitios web de gobierno electrónico seleccionados en base a los criterios.

R.4.3 Protocolo para efectuar la validación de los resultados del sistema.

R.4.4 Informe de resultados de la aplicación del sistema.

1.2.4 Mapeo de objetivos, resultados y verificación

Tabla 2: Medios de verificación e indicadores de los resultados esperados del primer objetivo específico

Objetivo Específico 1: Seleccionar y adaptar los cuestionarios de usabilidad para portales web orientados a servicios de gobierno electrónico.		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
(R 1.1) Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura.	Matriz de trazabilidad donde se identifiquen los artículos científicos en los cuales se evidencien los cuestionarios comparados.	100% de artículos científicos relevantes que reporten cuestionarios de medición de usabilidad identificados en la Revisión Sistemática
(R 1.2) Cuestionario de aplicación de medición de usabilidad aplicable al dominio de aplicaciones web de gobierno electrónico.	Informe que contiene la evidencia sobre las entrevistas y encuestas aplicadas a los 3 expertos en HCI para la validación del cuestionario.	Conformidad al 100% de los 3 expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador sobre la validación del cuestionario de aplicación de medición de usabilidad aplicable al dominio de aplicaciones web de gobierno electrónico.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Medios de verificación e indicadores de los resultados esperados del segundo objetivo específico

Objetivo Específico 2: Desarrollar un módulo basado en lógica difusa para calcular el nivel de usabilidad de los criterios de usabilidad de portales web.		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
(R 2.1) Módulo de <i>fuzzificación</i> y <i>desfuzzificación</i> que permita la obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.	Módulo de lógica difusa implementado.	100% de éxito de 10 conjuntos de datos utilizados como parte de un caso de prueba que permita comprobar la exactitud de cálculo del modelo de lógica difusa.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Medios de verificación e indicadores de los resultados esperados del tercer objetivo específico

Objetivo Específico 3: Implementar un sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico considerando todos los aspectos que son relevantes en este dominio de aplicación.		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
(R 3.1) Documentación relacionada a la arquitectura elegida del sistema: Modelo de Vistas de Arquitectura 4 + 1.	Informe que contiene la descripción de la arquitectura del sistema.	Revisión y aprobación de la arquitectura por 1 especialista en ingeniería de software.

(R 3.2) Sistema de información web implementado que permita cuantificar la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.	Informe de ejecución de pruebas de aceptación.	100% de casos de prueba ejecutados con éxito.
--	--	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Medios de verificación e indicadores de los resultados esperados del cuarto objetivo específico

Objetivo Específico 4: Validar el sistema implementado a través de un caso de estudio en el cual se mida el nivel de usabilidad de un conjunto de aplicaciones web disponibles en el portal "gob.pe".

Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
(R 4.1) Lista de criterios de selección de los sujetos de prueba que pertenecen al portal web que engloba sistemas web de gobierno electrónico, "gob.pe".	Informe que contiene los criterios de selección para los sistemas web de gobierno electrónico y la aprobación de los expertos.	Conformidad al 100% de los 3 expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador sobre la lista de criterios de selección de los sistemas web de gobierno electrónico.
(R 4.2) Sitios web de gobierno electrónico, del tipo G2C (Gobierno-Ciudadanos) seleccionados en base a los criterios.	Informe que contiene la evidencia de los sistemas web de gobierno electrónico seleccionados pertenecen al tipo G2C (Gobierno-Ciudadanos) y cumplen con los criterios de selección.	Conformidad al 100% de los 3 expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador sobre la lista seleccionada de sistemas web de gobierno electrónico.
(R 4.3) Protocolo para efectuar la validación de los resultados del sistema.	Acta de conformidad de expertos en HCI y Gobierno Electrónico sobre la utilidad del sistema implementado.	Conformidad al 100% de los 3 expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador sobre el protocolo para validar los resultados y utilidad del sistema.
(R 4.4) Informe de resultados de la aplicación del sistema.	Informe que contiene la verificación de los resultados de la solución realizado por el experto.	Conformidad al 100% de los 3 expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador sobre los resultados obtenidos con el sistema.

Fuente: Elaboración propia

1.3 Métodos y Procedimientos

Tabla 6: Herramientas y métodos a emplear para la obtención de los resultados del primer objetivo específico

O. 1. Seleccionar y adaptar los cuestionarios de usabilidad para portales web orientados a servicios de gobierno electrónico

Resultados	Herramientas	Métodos y Metodologías
(R 1.1) Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura.	Formulario de extracción de datos Cuadro de doble entrada	Revisión sistemática de la literatura.
(R 1.2) Cuestionario de aplicación de medición de usabilidad aplicable al dominio de aplicaciones de gobierno electrónico.	Plataforma de videoconferencia: Zoom	Encuestas y entrevistas con expertos de usabilidad y gobierno electrónico para la validación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Herramientas y métodos a emplear para la obtención de los resultados del segundo objetivo específico

O. 2. Desarrollar un módulo basado en lógica difusa para calcular el nivel de usabilidad de los criterios de usabilidad de portales web.		
Resultados	Herramientas	Métodos y Metodologías
(R 2.1) Módulo de <i>fuzzificación</i> y <i>defuzzificación</i> que permita la obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.	Lenguaje de programación Python	Revisión sistemática de la literatura Pruebas de caja negra del algoritmo Pseudocódigo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Herramientas y métodos a emplear para la obtención de los resultados del tercer objetivo específico

O. 3. Implementar el sistema de información para la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico.		
Resultados	Herramientas	Métodos y Metodologías
(R 3.1) Documentación relacionada a la arquitectura elegida del sistema: “Modelo de Vistas de Arquitectura 4 + 1”.	Elementos gráficos que representen las vistas de la arquitectura utilizando diagramas UML.	Modelo de Vistas de arquitectura 4 + 1
(R 3.2) Sistema de información web implementado que permita cuantificar la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.	Framework Front-End: React (JavaScript) Framework Back-End: Flask (Python) Motor de Base de Datos: MySQL Servicio de hosting: AWS Educate Herramienta para implementación del módulo de lógica difusa: MatLab	Modelo de desarrollo: Desarrollo Iterativo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Herramientas y métodos a emplear para la obtención de los resultados del cuarto objetivo específico

O. 4. Validar el sistema implementado a través de un caso de estudio en el cual se mida el nivel de usabilidad de un conjunto de aplicaciones web disponibles en el portal “gov.pe”.		
Resultados	Herramientas	Métodos y Metodologías
(R 4.1) Lista de criterios de selección de los sujetos de prueba tomados del sitio web de gobierno electrónico.	Lista de criterios de selección de los sitios web de gobierno electrónico.	Entrevista con expertos en gobierno electrónico
(R 4.2) Sitios web de gobierno electrónico, del tipo G2C (Gobierno-Ciudadanos) seleccionados en base a los criterios.	Lista de verificación que evidencie que el sitio web cumpla con los criterios de selección	Entrevista con expertos en gobierno electrónico
(R 4.3) Protocolo para efectuar la validación de los resultados del sistema.	Plataforma de videoconferencia: Zoom	Entrevistas con expertos de usabilidad y con expertos de gobierno electrónico.
(R 4.4) Informe de resultados de la aplicación del sistema.	Plataforma de videoconferencia: Zoom	Reunión con expertos en usabilidad y gobierno electrónico

Fuente: Elaboración propia

1.4 Herramientas, Métodos y Metodologías

1.4.1 Herramientas

- **UML**

UML (*Unified Modeling Language*) es un lenguaje visual estándar usado para el modelamiento de procesos de negocio y para las fases de análisis, diseño e implementación de sistemas de software (UML-Diagrams.org, s.f.).

Se ha seleccionado este lenguaje de modelamiento con el propósito de presentar visualmente los diversos componentes relacionados a la arquitectura del sistema debido a su uso generalizado en la industria de desarrollo de software lo cual facilita su entendimiento por cualquier equipo de desarrollo.

- **React**

React (React, s.f.) es una librería de JavaScript utilizada para la construcción de interfaces de usuario. Uno de los principales beneficios que brinda esta herramienta es que permite iniciar la fase de implementación de un software rápidamente y, además, otorga la capacidad de reutilizar componentes, lo cual permite estructurar el desarrollo de una forma más ordenada, siendo el foco de atención la interfaz de usuario.

Debido a los beneficios anteriormente mencionados, se ha seleccionado este marco de trabajo con el propósito de elaborar el Front-End del sistema de información a implementar en este proyecto.

- **Flask**

Flask (Pallets Projects, s.f.) es un marco de trabajo ligero orientado a la construcción de aplicaciones web. Ofrece el beneficio de poder empezar con el

desarrollo de una forma rápida y fácil y, además, realizar el escalamiento de aplicaciones complejas de manera sencilla.

Se ha seleccionado este marco de trabajo con el propósito de construir el Back-End de este sistema de información debido a su simpleza en la codificación y a la gran cantidad de herramientas y librerías externas con las que cuenta.

- **MySQL**

MySQL (MySQL, s.f.) es un servidor SQL (*Structured Query Language*) de bases de datos robusto, rápido y ligero. Siendo una base de datos de tipo relacional, permite que las tablas se encuentren separadas y, de esta manera, aumentar la rapidez de las consultas.

Se ha seleccionado este sistema de administración de bases de datos con el propósito de recopilar todos los datos relacionados al funcionamiento del sistema de información a implementar, debido a que es un software libre, sin costo, rápido, confiable y escalable. Adicionalmente, cuenta con el reconocimiento de ser usado en diversas aplicaciones mundialmente conocidas como Facebook, Twitter o YouTube.

- **AWS Educate**

AWS Educate es un programa educativo de Amazon que brinda a estudiantes la posibilidad de acceder a aprendizaje y recursos relacionados a la computación en la nube sin ningún costo (Amazon Web Services, s.f.). Entre estos servicios se destaca el servicio de hosting, en el cual se pueden almacenar los entornos cliente y servidor de cualquier software y bases de datos relacionales como MySQL.

Se ha seleccionado este servicio de hosting con el propósito de alojar los entornos cliente y servidor, así como también, la base de datos que almacenará los datos relacionados al procesamiento del sistema. Asimismo, debido a que es un servicio

gratuito, no se incurrirá en ningún gasto adicional. De la misma forma, los servicios prestados por Amazon son reconocidos por ser rápidos y sencillos de usar y aprender.

- **Fuzzy Logic Toolbox**

La herramienta Fuzzy Logic Toolbox (MathWorks, s.f.), integrada dentro del software MatLab, proporciona funciones matemáticas orientadas para analizar, diseñar y simular sistemas basados en lógica difusa.

Se ha seleccionado esta herramienta debido a que se puede modelar comportamientos complejos mediante reglas lógicas y simples con el propósito de implementar estas reglas, reflejadas en el módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación*, en un sistema de inferencia difusa que será parte del sistema de información a implementar.

1.4.2 Métodos y Metodologías

- **Revisión sistemática de la literatura**

Una revisión sistemática de la literatura es un medio para evaluar e interpretar toda la investigación relevante a un tópico o fenómeno de interés. Asimismo, presenta una metodología confiable, rigurosa y auditable para la evaluación del tema de investigación seleccionado (Kitchenham & Brereton, 2013).

Debido a esto, se está empleando la revisión sistemática de la literatura, propuesta por B. Kitchenham, con el propósito de identificar los principales cuestionarios utilizados en la medición de la usabilidad y para obtener mayores alcances orientados a la implementación del módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación* utilizando lógica difusa.

- **Entrevistas con expertos**

Una entrevista con expertos consiste en un método para obtener información desconocida e importante, opiniones autoritativas o validaciones profesionales relacionadas a un tema de investigación. Esta entrevista se lleva a cabo en la presencia de un especialista en el tema en cuestión, donde se efectúan preguntas de carácter abierto, de manera que el experto pueda ofrecer su opinión o punto de vista sobre el asunto de investigación (Libakova & Sertakova, 2015).

Se ha seleccionado este método de recolección de información para validar, tanto el cuestionario de aplicación de medición de la usabilidad, como el sistema de información implementado debido a que ofrece ventajas significativas frente a otros métodos de recolección de información como son la rapidez en el proceso y la obtención de información fidedigna debido a la alta competencia de los entrevistados en el asunto en cuestión.

- **Modelo de vistas 4 + 1**

El modelo de vistas 4 + 1 (Kruchten, 1995), propuesto por Philippe Kruchten en el año 1995, describe la arquitectura de un software utilizando 5 vistas concurrentes, las cuales están relacionadas a diversos aspectos del software. A continuación, se describen brevemente las vistas mencionadas:

- **Vista Lógica:** Esta vista describe el modelamiento del objeto de diseño. Para representar esta vista, se utiliza el Diagrama de Clase y el Diagrama de Secuencia pertenecientes al lenguaje UML.
- **Vista del Proceso:** Esta vista captura los aspectos de la concurrencia y sincronización del diseño. Para representar esta vista, se utiliza el Diagrama de Actividad perteneciente al lenguaje UML.

- **Vista Física:** Esta vista describe la alineación del software con el hardware disponible y refleja su aspecto distribuido. Para representar esta vista, se utiliza el Diagrama de Despliegue perteneciente al lenguaje UML.
- **Vista de Desarrollo:** Esta vista describe la organización estática del software en el ambiente de producción. Para representar esta vista, se utiliza el Diagrama de Componentes y el Diagrama de Paquetes pertenecientes al lenguaje UML.
- **Escenarios:** Esta última vista refleja algunos casos de uso o escenarios seleccionados propios del software. Para representar esta vista se suele utilizar el Diagrama de Casos de Uso perteneciente al lenguaje UML.

En base a lo mencionado, se ha seleccionado este modelo arquitectónico con el propósito de estructurar la arquitectura del sistema de información a implementar debido a que su uso, ampliamente reportado, en aplicaciones web, siendo el sistema de información de este proyecto de fin de carrera, perteneciente a este tipo de software.

- **Pruebas de caja negra**

La estrategia de pruebas de caja negra está basada, principalmente, en los requerimientos y en las especificaciones. Debido a esto, no se requiere conocer las funcionalidades o estructuras internas. En síntesis, un proceso de prueba de caja negra consiste en validar aquellos valores finales resultantes de proveer valores iniciales a la aplicación, los cuales deben ser correctos de acuerdo al valor inicial proporcionado (ScienceDirect – Black-Box Testing, s.f.).

Se ha seleccionado este tipo de prueba para el módulo de lógica difusa que se desarrollará en este proyecto, debido a que, principalmente, se desea comprobar el correcto funcionamiento del mismo para que, de esta manera, los resultados ofrecidos por el software Fuzzy Logic Toolbox, donde será implementado, sean confiables y certeros.

- **Pseudocódigo**

El pseudocódigo es un método empleado en el diseño de software para esquematizar un programa en forma de texto de forma que puedan ser insertados en el código fuente como una serie de declaraciones generales que describen bloques de código que, posteriormente, se convertirán en funciones o procedimientos en lenguajes de alto nivel (ScienceDirect – Black-Box Testing, s.f.). Adicionalmente, es importante que el pseudocódigo solamente contenga palabras en el idioma inglés y ninguna relación específica a un lenguaje de programación en particular (ScienceDirect – Black-Box Testing, s.f.).

Se ha seleccionado este método de diseño de software con el propósito de esquematizar el algoritmo de *fuzzificación* y *desfuzzificación* presente en el módulo de lógica difusa que se desarrollará en este proyecto debido a que es universalmente usado en cualquier proyecto de implementación de software y facilitará el proceso de implementación del mismo en el sistema.

- **Desarrollo Iterativo**

Un desarrollo iterativo presenta la característica del refinamiento progresivo de un software basado en 3 fases principales: Examinación, Definición y Creación. En la fase de Examinación se define el problema, en la fase de Definición se definen las soluciones y, finalmente, en la fase de Creación se llevan a cabo los planes de solución. Al final de cada iteración, se realiza un procedimiento de validación con los usuarios interesados para que, de esta manera, se establezcan propuestas de mejora para la siguiente iteración y lograr la mejor versión del software posible (ScienceDirect – Iterative Development, s.f.).

Debido a lo anteriormente mencionado, se ha seleccionado este modelo de desarrollo con el propósito de estructurar las fases de análisis, diseño e implementación

del sistema de información a desarrollar y de esta manera, incentivar la interacción de los usuarios interesados con el fin de obtener una solución diseñada a medida según sus expectativas (ScienceDirect – Iterative Development, s.f.).



Capítulo 2. Marco Conceptual, Teórico y Regulatorio

En este capítulo se presentan los principales términos y conceptos que serán abordados en el proyecto en relación a usabilidad, lógica difusa y gobierno electrónico, incluyendo, además, para este último, el marco regulatorio vigente.

2.1 Introducción

El objetivo del marco conceptual es definir los principales conceptos enmarcados en el entendimiento de la problemática relacionada a la falta de instrumentos de medición cuantitativa de la usabilidad en sistemas web que brindan servicios de gobierno electrónico.

2.2 Desarrollo del marco

2.2.1 Marco Conceptual y Teórico

2.2.1.1 Gobierno electrónico

A continuación, se procederá a definir el concepto de gobierno electrónico, debido a que este proyecto se enfoca en ofrecer un instrumento para la medición cuantitativa de la usabilidad en sistemas web que prestan este servicio.

El Decreto Legislativo N° 1412, que aprueba la Ley de Gobierno Digital, define al gobierno electrónico como:

“el conjunto de procesos, estructuras, herramientas y normas que nos permiten dirigir, evaluar y supervisar el uso y adopción de las tecnologías digitales en la organización” (D.L. N° 1412, 2018).

Por otro lado, la conceptualización de gobierno electrónico, ofrecido por la Unión Internacional de la Telecomunicación (*ITU: International Telecommunication Union*), es:

“El uso de información y tecnologías de comunicación en el gobierno para prestar servicios públicos, para mejorar la efectividad en la administración y para promover valores

democráticos, así como un marco regulatorio que facilita iniciativas de información intensiva y promueva el conocimiento de la sociedad” (Unión Internacional de la Telecomunicación, 2009).

Con el propósito de ilustrar estas definiciones, en la Tabla 10 se muestra una comparación entre el Gobierno tradicional y el Gobierno electrónico realizada por Duričković et. al (Duričković & Kovacević, 2011).

Tabla 10: Principales diferencias entre un Gobierno Tradicional y un Gobierno Digital

Gobierno Tradicional	Gobierno Electrónico
Controles burocráticos, clara jerarquía de autoridad.	Servicios al ciudadano y empoderamiento de la comunidad, jerarquía borrosa o en niveles.
Centrado en los procesos.	Centrado en el ciudadano.
Funciones administrativas aisladas y recolección de datos.	Servicios de recursos integrados y enfoque al conocimiento.
Especialización funcional en unidades o parcializada por geografía.	Desglose de barreras de unidades, integración del gobierno.
Decisiones basadas en reglas uniformes y reportes de aprobaciones extraños.	Decisiones basadas en negociación y controles y aprobaciones implícitos.
Funciones administrativas aisladas.	Servicios de recursos integrados.
Tecnologías de información desarticuladas.	Soluciones de red integradas.
Procesos que demoran mucho tiempo.	Respuestas rápidas y simplificadas.

Fuente: Tomada de (Duričković & Kovacević, 2011)

A modo de ejemplo, se puede mencionar que, en el año 2016, la Universidad de Waseda publicó una encuesta de clasificación en materia de gobierno electrónico de diversos países del mundo tomando en consideración la optimización de la gestión pública, la promoción del gobierno electrónico, el uso de TICs emergentes, entre otras. Los tres países que presentaron el mayor índice de desarrollo en esta área fueron: Singapur, Estados Unidos y Dinamarca; mientras que el Perú se encontraba en el puesto 52. Además, se identificaron tendencias entre los diversos países como: un enfoque centrado en el ciudadano, falta de cooperación entre el gobierno central y los gobiernos locales y la necesidad de uso de teléfonos inteligentes para la

aplicación de las mejores prácticas como parte del marco del gobierno electrónico (Instituto Científico de Gobierno Electrónico, 2016).

2.2.1.2 Servicios de gobierno electrónico

Un servicio de gobierno electrónico es “aquel servicio público digital prestado utilizando tecnologías basadas en internet en las que la interacción de un ciudadano con una organización pública está mediada en parte o completamente por un sistema de TI” (Lindgren et al., 2019).

Los servicios de gobierno electrónico permiten el avance de la economía, ciudadanos y la industria. Entre los principales servicios de gobierno electrónico se puede mencionar a (Al-Mushayt, 2019):

- Negocio – Negocio (B2B): Facilitar transacciones entre los negocios.
- Negocios – Clientes (B2C): Atraer a los clientes hacia los negocios.
- Gobierno – Ciudadanos (G2C): Promover interacciones entre el gobierno y los ciudadanos.
- Gobierno – Empresas (G2B): Favorecer la comunicación entre el gobierno y las empresas.
- Gobierno – Gobierno (G2G): Relacionar instituciones pertenecientes al mismo Estado.

Según Al-Mushayt (Al-Mushayt, 2019), entre los principales beneficios del uso de servicios de gobierno electrónico se pueden mencionar a:

- Transparencia: Incrementan la transparencia de las políticas gubernamentales y sus proyectos de forma que se obtiene acceso inmediato a noticias y notificaciones.
- Confianza: Se puede incrementar considerablemente la confianza entre el gobierno y la ciudadanía al proveer acceso a servicios e información del gobierno mediante el uso de tecnologías transparentes y fáciles de usar.

- Participación ciudadana: Permiten aliviar el proceso de involucramiento ciudadano en la toma de decisiones y aplicación de encuestas, de modo que se pueda reflejar las opiniones de los ciudadanos y aumentar su participación en la construcción de su futuro.
- Soporte para el medio ambiente: Se eliminan las grandes cantidades de papel y requerimientos energéticos para el mantenimiento de las instituciones y centros de procesamiento de forma que se apoya al medio ambiente.

Para ejemplificar los servicios de gobierno electrónico, se puede resaltar el caso peruano que, a través del portal Gob.pe (PCM, s.f.), provee trámites y servicios como: consulta de estado del Registro Único de Contribuyentes (RUC), consulta de la clasificación socioeconómica del hogar del ciudadano interesado, trámite para la obtención de la licencia de conducir, entre otros.

2.2.1.3 Sitio web de gobierno electrónico

Un sitio web de gobierno electrónico se define como “un punto de contacto digital entre un Estado y su ciudadanía” (PCM, s.f.). Además, se puede añadir que su objetivo principal es “brindar una experiencia sencilla, consistente e intuitiva de acceso a información institucional, trámites y servicios públicos digitales” (PCM, s.f.).

En el caso de nuestro país, se puede mencionar al sitio web Gob.pe como el nexo digital principal entre el Estado Peruano y sus ciudadanos. En este sitio se puede encontrar y realizar los siguientes servicios (PCM, s.f.):

- Información de trámites y servicios para ciudadanos y público especializado.
- Noticias, normas legales y publicaciones de las entidades del Estado.
- Información sobre el Estado Peruano en general.
- Páginas institucionales de las entidades del Estado.

2.2.1.4 Brecha digital

Duričković y Kovacević en su artículo “*eGovernment in the context of developing countries*” mencionan que la brecha digital es

“una importante barrera para el gobierno electrónico puesto que las personas que no cuentan con acceso a Internet no podrán ser capaces de obtener los beneficios de los servicios en línea” (Duričković & Kovacević, 2011).

Por ejemplo, según el Banco Interamericano de Desarrollo, “un 56 por ciento de los latinoamericanos y caribeños usan Internet. Sin embargo, solo un 45,5 por ciento de los hogares en la región cuentan con conexión de banda ancha, lejos del 86,3 por ciento que marcan los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), institución que agrupa a los países desarrollados y de ingreso alto” (BID, 2018). Por lo tanto, se evidencia que la brecha digital en los países latinoamericanos y caribeños es mucho mayor que la presente en los países desarrollados y, por consiguiente, los gobiernos de estos países no serán capaces de cumplir, de forma óptima, con las expectativas de los ciudadanos en relación a la posibilidad de realizar trámites y servicios digitales.

2.2.1.5 Lógica Difusa

La lógica difusa, perteneciente al área de la Inteligencia Artificial, fue investigada inicialmente por Lofti Zadeh en 1965 en su artículo “*Fuzzy Sets*” (Zadeh, 1965). Conceptualizada en un inicio como “conjunto difuso”, este artículo matemático presenta su definición como “una clase con diversos grados de pertenencia”.

Este marco matemático nos permite realizar un tratamiento sistemático a la imprecisión e incertidumbre producidas, principalmente, por variables con un alto índice de ambigüedad. Según los conjuntos clásicos, el clima o es frío o es caliente. Sin embargo, con lógica difusa el clima puede ser caliente y frío a la vez a un cierto grado de pertenencia en ambos conjuntos.

Además, Zadeh menciona que “este marco de trabajo provee un medio natural para lidiar con problemas en los que la fuente de imprecisión es la ausencia de criterios definidos claramente de pertenencia de clases en vez de la presencia de variables aleatorias” (Zadeh, 1965).

Debido a esto, un conjunto difuso presenta límites graduales, en contraste con los conjuntos clásicos que presentan límites discretos. En términos matemáticos, una clase difusa A en X es caracterizada por una *función de pertenencia* $f_a(x)$ que asocia a cada punto en X un número real en el intervalo $[0, 1]$, en donde el valor de $f_a(x)$ en x representa el “grado de pertenencia” de x en A (Zadeh, 1965).

A modo de ejemplo, se puede mencionar el uso de la lógica difusa en la programación del tiempo de lavado de una lavadora en base a dos variables principales: el nivel de suciedad y el tipo de suciedad de la prenda. En este caso, el usuario puede ingresar estos valores y la lavadora debería ser capaz de discernir cuánto es el tiempo necesario de lavado para satisfacer la necesidad de limpieza del usuario. Sin embargo, tanto el nivel de suciedad como el tipo de suciedad son variables ambiguas porque su conceptualización puede cambiar de persona a persona. Es por ello que es recomendable la utilización de la lógica difusa en este caso específico debido a que, como se mencionó líneas arriba, es necesario que la combinación de estas variables pertenezca a un conjunto difuso definido (Zimmermann, 2012).

2.2.1.6 Usabilidad

La ISO 9241-2010 define a la usabilidad como “el grado en el cual un sistema, producto o servicio puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar sus objetivos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso” (ISO 9241-2010, 2010).

Tomando como referencia la ISO 25010, se puede conceptualizar a la usabilidad como la capacidad del producto o sistema de software para ser apropiado a las necesidades de los

usuarios, fácilmente aprendido y operado y resultar atractivo para los mismos, cuando se usa bajo determinadas condiciones (ISO 25010, 2019).

Es conveniente mencionar que la usabilidad es considerada como un componente perteneciente a la Experiencia de Usuario. Debido a esto, la usabilidad se enfoca en la productividad, eficiencia, facilidad de uso y grado de aprendizaje (Hartson & Pyla, 2019).

Por otro lado, enfocándonos más en el dominio web, Gill nos define que “un sitio web usable es aquel en donde un visitante puede fácilmente encontrar lo que está buscando y realizar de forma exitosa lo que vino a hacer a este sitio web sin tener que recurrir a una búsqueda frustrante” (Gill, 2012)

Se puede ejemplificar la usabilidad detallando los pasos que se utilizan en una evaluación de usabilidad en un sitio web (Liu, 2008):

- Preparación: En la etapa inicial, se decide cuándo y por qué se realiza la evaluación de la usabilidad y, posteriormente, se procede a la recolección de información en forma de observación de usuarios u observación de otros sitios web similares.
- Escoger técnica de medición: Se pueden seleccionar técnicas como: pruebas con cuestionarios, evaluación heurística, recorrido cognitivo, entre otros. Se deben considerar factores como el tiempo, costo, equipamiento, personal involucrado y las ventajas y desventajas de cada técnica.
- Evaluación: En esta etapa se procede a ejecutar la técnica de usabilidad que se eligió. Tener en cuenta que no es recomendable realizar esta evaluación de forma repetitiva pues podría reducir la confianza de los usuarios. Además, tener en cuenta que la identidad de los usuarios y los resultados deben ser confidenciales.

- Análisis y aplicación: Una vez se realizó la evaluación y se obtienen los resultados, se procede a evaluarlos en profundidad, de forma que se obtengan propuestas de mejora. Finalmente, se procede a aplicar estas mejoras a la solución.

2.2.2 Marco Regulatorio

En el Perú existen leyes que promueven la modernización de la gestión pública, así como también, la implementación del gobierno electrónico en diversas instituciones del Estado. A continuación, se presentan las legislaciones más resaltantes.

2.2.2.1 Decreto Supremo N° 123-2018-PCM

El Decreto Supremo N° 123-2018-PCM tiene por objetivo aprobar el reglamento del Sistema Administrativo de Modernización de la Gestión Pública (D.S. N° 123-2018-PCM, 2018). A continuación, se detallan los artículos más relevantes (D.S. N° 123-2018-PCM, 2018):

Artículo 4.- Proceso de modernización de la gestión pública

“La modernización de la gestión pública consiste en la selección y utilización de todos aquellos medios orientados a la creación de valor público en una determinada actividad o servicio a cargo de las entidades públicas”.

Artículo 7.- Sistema Administrativo de Modernización de la Gestión Pública

El Sistema Administrativo de Modernización de la Gestión Pública tiene bajo su ámbito a los siguientes medios (D.S. N° 123-2018-PCM, 2018):

- La simplificación administrativa
- La calidad en las regulaciones
- El gobierno abierto
- La coordinación interinstitucional

- La estructura, organización y funcionamiento del Estado
- La gestión de procesos
- Evaluación de riesgos de gestión
- La gestión del conocimiento

2.2.2.2 Decreto de Urgencia N° 006-2020

El Decreto de Urgencia N° 006-2020 tiene por objetivo crear el Sistema Nacional de Transformación Digital (D.U. N° 006-2020, 2020). A continuación, se detalla el artículo más relevante y su finalidad (D.U. N° 006-2020, 2020).

Artículo 4.- Sistema Nacional de Transformación Digital

“El Sistema Nacional de Transformación Digital es un Sistema Funcional del Poder Ejecutivo, conformado por un conjunto de principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos mediante los cuales se organizan las actividades de la administración pública y se promueven las actividades de las empresas, la sociedad civil y la academia orientadas a alcanzar los objetivos del país en materia de transformación digital.”

Finalidad

1. Fomentar e impulsar la transformación digital de las entidades públicas, las empresas privadas y la sociedad en su conjunto, fortalecer el uso efectivo de las tecnologías digitales, las redes y los servicios digitales por parte de los ciudadanos y personas en general.
2. Impulsar la innovación digital, el fortalecimiento de una sociedad digital inclusiva y el ejercicio de una ciudadanía digital con deberes y derechos digitales de los ciudadanos.
3. Promover la economía digital, la competitividad, productividad e inclusión financiera en una sociedad digital.
4. Fortalecer el acceso y la inclusión a las tecnologías digitales en el país y la confianza digital fomentando la seguridad, transparencia, protección de datos personales y gestión ética de

las tecnologías en el entorno digital para la sostenibilidad, prosperidad y bienestar social y económico del país.

2.2.2.3 Decreto de Urgencia N° 007-2020

El Decreto de Urgencia N° 007-2020 tiene por objetivo establecer las medidas que resulten necesarias para garantizar la confianza de las personas en su interacción con los servicios digitales prestados por entidades públicas y organizaciones del sector privado en el territorio nacional (D.U. N° 007-2020, 2020). A continuación, se presenta el artículo más relevante (D.U. N° 007-2020, 2020).

Capítulo I, Artículo 3.- Definiciones

a) Servicio Digital. Es aquel servicio provisto de forma total o parcial a través de Internet u otras redes equivalentes, que se caracteriza por ser parcial o totalmente automatizado y utilizar de manera intensiva las tecnologías digitales y datos, permitiendo, al menos una de las siguientes prestaciones: i) Adquirir un bien, servicio, información o contenido, ii) Buscar, compartir, usar y acceder a datos, contenido o información sobre productos, servicios o personas, iii) Pagar un servicio o bien (tangible o intangible) y, iv) El relacionamiento entre personas.

b) Proveedor de servicios digitales. Comprende a cualquier entidad pública u organización del sector privado, independientemente de su localización geográfica, que sea responsable por el diseño, prestación y/o acceso a servicios digitales en el territorio nacional.

Capítulo 3. Estado del Arte

3.1 Introducción

En este capítulo se presenta la revisión sistemática del Estado del Arte en relación a la medición de la usabilidad en el dominio web aplicando técnicas de inteligencia artificial.

3.2 Objetivos de revisión

La revisión sistemática en el presente trabajo de fin de carrera tiene como objetivo identificar aquellos estudios y trabajos que utilizan técnicas de inteligencia artificial en la medición de la usabilidad en aplicaciones web con el propósito de reconocer los avances realizados en esta área. Asimismo, también se busca determinar la forma en la que se ha abordado la problemática concerniente a estos temas.

Para ello, se plantea realizarla tomando en consideración el protocolo propuesto por B. Kitchenham (Kitchenham & Brereton, 2013). Esta metodología ha sido diseñada específicamente para identificar estudios en el área de Ingeniería de Software. Los pasos descritos nos permiten obtener investigaciones altamente relevantes al tema de investigación, así como también, la posibilidad de replicación de los resultados obtenidos.

3.3 Preguntas de revisión

Para lograr la consecución del objetivo de revisión, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- P1. ¿De qué manera la inteligencia artificial ha sido empleada para medir la usabilidad de aplicaciones web?
- P2. ¿En qué dominios de aplicación web se reporta el uso de lógica difusa para la medición de usabilidad?
- P3. ¿Cuáles son los atributos más empleados en estudios de evaluación de usabilidad utilizando lógica difusa?

- P4. ¿De qué manera se han utilizado sistemas o modelos basados en lógica difusa para medir aplicaciones web de gobierno electrónico?

Con el fin de estructurar la búsqueda de información, se utilizará un cuadro PICOC (*Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context*) (Petticrew & Roberts, 2006). Es importante mencionar que no se utilizará el criterio de comparación debido a que el presente trabajo no busca contrastar dos tipos de intervención, los cuales se refieren a los distintos métodos de evaluación de usabilidad, usando técnicas de inteligencia artificial, encontrados como parte de esta revisión. En la Tabla 11, se muestra la tabla PICOC obtenida para esta revisión:

Tabla 11: Definición de los conceptos generales usando criterios PICOC

Criterio	Descripción
Población	Aplicaciones web
Intervención	Medición de la usabilidad aplicando inteligencia artificial
Comparación	<i>No aplica</i>
Salida	Metodologías empleadas, casos de estudio que reporten una evaluación de la usabilidad, modelos de lógica difusa para medir la usabilidad
Contexto	Investigaciones teóricas y prácticas

Fuente: Elaboración propia

3.4 Estrategia de búsqueda

En seguimiento del protocolo de Kitchenham (Kitchenham & Brereton, 2013), se ha establecido una estrategia de búsqueda que permitirá identificar información relevante. A continuación, se presentan las etapas incluidas durante esta búsqueda:

1. Definición de términos de búsqueda
2. Selección de fuentes a consultar
3. Elaboración de la cadena de búsqueda
4. Definición de criterios de inclusión y exclusión

3.4.1 Definición de términos de búsqueda

Se consideraron 5 términos claves para lograr responder las preguntas de investigación. Asimismo, se identificaron sinónimos para cada uno de estos términos con el fin de enriquecer los resultados. En la realización de esta búsqueda se emplearon términos en inglés debido al uso predominante de este idioma en los motores de búsqueda utilizados. A continuación, se presentan estos términos junto con sus respectivos sinónimos:

- Software: *Software, System, Application*
- Medición: *Measuring, Evaluating, Assessing*
- Usabilidad: *Usability, User Experience, Usable*
- Web: *Web*
- Inteligencia Artificial: *Artificial Intelligence, Fuzzy, Neural Networks, Bayesian*

3.4.2 Selección de fuentes a consultar

Las fuentes a utilizar provendrán de varios motores de búsqueda, los cuales son los más reconocidos y cuentan con información relevante para emplear una investigación en la especialidad de Ingeniería Informática. Los motores de búsqueda empleados son:

- Scopus (www.scopus.com)
- Web of Science (www.webofknowledge.com)
- ACM Digital Library (<https://dl.acm.org/>)

3.4.3 Elaboración de la cadena de búsqueda

Tomando en cuenta los criterios del cuadro PICOC y los términos claves descritos anteriormente, se elaboran las siguientes cadenas de búsqueda para cada motor de búsqueda:

- Scopus

TITLE-ABS-KEY ((“usability” OR “user experience” OR “usable”) AND (“software” OR “system” OR “application”) AND (“web”) AND (“measur” OR “evaluat*” OR “assess*”) AND (“artificial intelligence” OR “fuzzy” OR “neural network” OR “bayesian”))*

- **Web of Science**

TOPIC: ((“usability” OR “user experience” OR “usable”) AND (“software” OR “system” OR “application”) AND (“web”) AND (“measur” OR “evaluat*” OR “assess*”) AND (“artificial intelligence” OR “fuzzy” OR “neural network*” OR “bayesian”))*

- **ACM Digital Library**

[[Abstract: “usability”] OR [Abstract: “user experience”] OR [Abstract: “usable”]] AND [[Abstract: “software”] OR [Abstract: “system”] OR [Abstract: “application”]] AND [Abstract: “web”] AND [[Abstract: “measur”] OR [Abstract: “evaluat*”] OR [Abstract: “assess*”]] AND [[Abstract: “artificial intelligence”] OR [Abstract: “fuzzy”] OR [Abstract: “neural network*”] OR [Abstract: “bayesian”]]*

3.4.4 Ejecución de la revisión

La búsqueda devolvió 325 artículos, los cuales fueron obtenidos como parte de la consulta realizada en las bases de datos mencionadas. Luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron finalmente 47 artículos relevantes que responden a las preguntas de investigación propuestas. La Tabla 12 muestra los resultados encontrados en el proceso de búsqueda:

Tabla 12: Resultados del proceso de búsqueda sistemática

Motor de búsqueda	Resultados de la búsqueda	Artículos repetidos	Artículos relevantes
Scopus	285	-	44
Web of Science	34	24	3
ACM Digital Library	6	0	0
Total	325	302	47

Fuente: Elaboración propia

3.4.5 Definición de criterios de inclusión y exclusión

3.4.5.1 Criterios de inclusión

- El estudio reporta la ejecución de una evaluación de usabilidad en el dominio web mediante técnicas de inteligencia artificial.
- El estudio describe una propuesta, marco de trabajo o metodología de evaluación de usabilidad a sistemas web aplicando técnicas de inteligencia artificial.
- El estudio muestra una comparativa de técnicas de inteligencia artificial que podrían ser utilizadas en la evaluación de usabilidad de aplicaciones web.
- El estudio describe un modelo basado en lógica difusa para medir el nivel de usabilidad de sistemas web.
- El estudio describe el desarrollo o uso de un sistema de software que permite medir el nivel de usabilidad empleando técnicas de inteligencia artificial.

3.4.5.2 Criterios de exclusión

- El estudio está redactado en un idioma diferente al inglés o español.
- El estudio reporta la evaluación de usabilidad a un dispositivo electrónico o de hardware.
- El estudio no está relacionado a aplicaciones web.
- El estudio no describe la utilización de una técnica de inteligencia artificial para la medición de la usabilidad

3.5 Formulario de extracción de datos

Para poder responder a las preguntas de investigación, se plantea utilizar los siguientes formularios, los cuales permitirán la extracción de los datos relevantes de las fuentes a utilizar.

La Tabla 13 muestra los estudios considerados como relevantes para la revisión sistemática,

después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Para visualizar la lista completa, véase el Anexo A: “Formulario de Extracción”.

Tabla 13: Lista de artículos considerados como relevantes

ID	Referencia del Estudio
A-01	Alfimtsev, A. N., & Sakulin, S. A. (2017). Data fusion based on the fuzzy integral: Model, methods and applications. In <i>Data Fusion: Methods, Applications and Research</i> . https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034744424&partnerID=40&md5=7f63032bc3db4d20cd879db099d298bf
A-02	Alfimtsev, A., Sakulin, S., & Levanov, A. (2016). Formalization of Expert Knowledge About the Usability of Web Pages Based on User Criteria Aggregation. <i>INTERNATIONAL JOURNAL OF SOFTWARE INNOVATION</i> , 4(3), 38–50. https://doi.org/10.4018/IJSI.2016070103
A-03	Alharbe, N. (2020). A fuzzy-delphi based decision-making process for measuring usable-security of web based smart hospital management system. <i>ICIC Express Letters</i> , 14(1), 15–21. https://doi.org/10.24507/icicel.14.01.15
A-04	Alharbe, N. R. (2019). Improving usable-security of web based healthcare management system through Fuzzy AHP. <i>International Journal of Advanced Computer Science and Applications</i> , 10(8), 68–71. https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100810
A-05	Aviz, I. L., Souza, K. E., Ribeiro, E., De Mello, H., & Seruffo, M. C. da R. (2019). Comparative study of user experience evaluation techniques based on mouse and gaze tracking. <i>Proceedings of the 25th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia 2019</i> , 53–56. https://doi.org/10.1145/3323503.3360623
A-06	Bakaev, M., Gaedke, M., Khvorostov, V., & Heil, S. (2016). Extending Kansei Engineering for requirements consideration in web interaction design. <i>Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)</i> , 9671, 513–518. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38791-8_39
A-07	Bakaev, M., Khvorostov, V., Heil, S., & Gaedke, M. (2017). Evaluation of user-subjective web interface similarity with Kansei engineering-based ANN. <i>Proceedings - 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops, REW 2017</i> , 125–131. https://doi.org/10.1109/REW.2017.13
A-08	Bakaev, M., Khvorostov, V., & Laricheva, T. (2017). Assessing Subjective Quality of Web Interaction with Neural Network as Context of Use Model. <i>Communications in Computer and Information Science</i> , 745, 185–195. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69784-0_16
A-09	Bedi, P., & Banati, H. (2005). Prioritizing web usability attributes using Intuitionistic fuzzy sets. <i>Proceedings of the 2005 International Conference on Software Engineering Research and Practice, SERP'05</i> , 2, 570–576. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-60749090289&partnerID=40&md5=736774dfe91201182f3495706f6114b8
A-10	Charonyktakis, P., Plakia, M., Tsamardinos, I., & Papadopouli, M. (2016). On user-centric modular QoE prediction for voip based on machine-learning algorithms. <i>IEEE Transactions on Mobile Computing</i> , 15(6), 1443–1456. https://doi.org/10.1109/TMC.2015.2461216
A-11	Chaudhary, N., & Sangwan, O. P. (2015). Multi criteria based fuzzy model for website evaluation. <i>2015 International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2015</i> , 1798–1802. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960935303&partnerID=40&md5=d18c20e9b0f3643e2357031cdbb6c05c
A-12	Chen, D. (2018). Application of artificial intelligence technology in the visual communication design of shopping platform. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028435846&doi=10.1007%2F978-3-319-60744-3_13&partnerID=40&md5=c1f52e7568a322f5c52c7aba594e1c06
A-13	Chen, Du, Gao, M., Liu, A., Chen, M., Zhang, Z., & Feng, Y. (2019). A Recurrent Neural Network Based Approach for Web Service QoS Prediction. <i>2019 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data, ICAIBD 2019</i> , 350–357. https://doi.org/10.1109/ICAIBD.2019.8837006
A-14	Chynał, P., Sobecki, J., & Szymański, J. M. (2013). Remote usability evaluation using eye tracking enhanced with intelligent data analysis. <i>Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)</i> , 8012 LNCS(PART 1), 212–221. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39229-

0_24

- A-15 Guo, F., Liu, W. L., Cao, Y., Liu, F. T., & Li, M. L. (2016). Optimization Design of a Webpage Based on Kansei Engineering. *HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS IN MANUFACTURING & SERVICE INDUSTRIES*, 26(1), 110–126. <https://doi.org/10.1002/hfm.20617>
- A-16 Harshan, R. K., Chen, X., & Shi, B. (2018). UNSCALE: Multi-criteria Usability Evaluation Framework for Library Websites in a Fuzzy Environment. *Proceedings of the 2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2018*, 859–863. <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2018.8465383>
- A-17 Hub, M., & Zatloukal, M. (2010). Model of usability evaluation of web portals based on the fuzzy logic. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 7(4), 522–531. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77950927322&partnerID=40&md5=a9323f3515d4dea9d411d82f4d3156ce>
- A-18 Hub, M., & Zatloukal, M. (2009). Towards establishing a score of usability evaluation. *E a M: Economic a Management*, 12(2), 156–169. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-67949122068&partnerID=40&md5=3dc8516333b190ab20bbe27deb404132>
- A-19 Jankowski, J., Kazienko, P., Wątróbski, J., Lewandowska, A., Ziemia, P., & Zioło, M. (2016). Fuzzy multi-objective modeling of effectiveness and user experience in online advertising. *Expert Systems with Applications*, 65, 315–331. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.08.049>
- A-20 Jankowski, J., Sałabun, W., & Wątróbski, J. (2017). Identification of a multi-criteria assessment model of relation between editorial and commercial content in web systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 506, 295–305. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43982-2_26
- A-21 Khan, K., & Sahai, A. (2011). A levy-flight neuro-biosonar algorithm for improving the design of eCommerce systems. *Journal of Artificial Intelligence*, 4(4), 220–232. <https://doi.org/10.3923/jai.2011.220.232>
- A-22 Kumar, R., Irshad Khan, A., Abushark, Y. B., Alam, M. M., Agrawal, A., & Khan, R. A. (2020). An Integrated Approach of Fuzzy Logic, AHP and TOPSIS for Estimating Usable-Security of Web Applications. *IEEE Access*, 8, 50944–50957. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970245>
- A-23 Lemos, B., & Nunes, I. L. (2018). A Fuzzy Usability Assessment Methodology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 592, 409–418. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60366-7_38
- A-24 Lestari, V. A., Aknuranda, I., & Ramdani, F. (2017). Usability evaluation of e-government using iso 9241 and fuzzy tsukamoto approach. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 9(2–8), 153–157. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032798956&partnerID=40&md5=2bc1d97a7bdfac55225d87912c6e20a4>
- A-25 Liu, J., Cui, M., & Jia, L. (2018). Evaluation of user experience based 3D websites using gray correlation analysis and AHP. *ICNC-FSKD 2018 - 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 1306–1309. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2018.8687167>
- A-26 Liu, W., Huang, D., & Zhang, Y. (2010). Research on fuzzy comprehensive evaluation of user experience. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79952745260&doi=10.1109%2FYCICT.2010.5713060&partnerID=40&md5=4c0f4da2341d8c04a9940c93e9d46403>
- A-27 Luo, X., Liu, J., Zhang, D., & Chang, X. (2016). A large-scale web QoS prediction scheme for the Industrial Internet of Things based on a kernel machine learning algorithm. *Computer Networks*, 101, 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2016.01.004>
- A-28 Masudin, I., & Saputro, T. E. (2016). Evaluation of B2C website based on the usability factors by using fuzzy AHP & hierarchical fuzzy TOPSIS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 114(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/114/1/012091>
- A-29 McGlenn, K., Yuce, B., Wicaksono, H., Howell, S., & Rezgui, Y. (2017). Usability evaluation of a web-based tool for supporting holistic building energy management. *Automation in Construction*, 84, 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.033>
- A-30 Meyer, A. N. D., Giardina, T. D., Spitzmueller, C., Shahid, U., Scott, T. M. T., & Singh, H. (2020). Patient Perspectives on the Usefulness of an Artificial Intelligence-Assisted Symptom Checker: Cross-Sectional Survey Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(1), e14679. <https://doi.org/10.2196/14679>
- A-31 Nagpal, R., Mehrotra, D., & Bhatia, P. K. (2016). Usability evaluation of website using combined weighted method: fuzzy AHP and entropy approach. *International Journal of*

- Systems Assurance Engineering and Management, 7(4), 408–417.
<https://doi.org/10.1007/s13198-016-0462-y>
- A-32 Oztekin, A. (2011). A decision support system for usability evaluation of web-based information systems. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2110–2118.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.151>
- A-33 Oztekin, A., Delen, D., Turkyilmaz, A., & Zaim, S. (2013). A machine learning-based usability evaluation method for eLearning systems. *Decision Support Systems*, 56(1), 63–73.
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.05.003>
- A-34 Pandey, S., & Daniel, A. K. (2016). Fuzzy logic based cloud service trustworthiness model. *Proceedings of 2nd IEEE International Conference on Engineering and Technology, ICETECH 2016*, 73–78. <https://doi.org/10.1109/ICETECH.2016.7569215>
- A-35 Papatheocharous, E., Belk, M., Germanakos, P., & Samaras, G. (2014). Towards implicit user modeling based on artificial intelligence, cognitive styles and web interaction data. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 23(2).
<https://doi.org/10.1142/S0218213014400090>
- A-36 Papatheocharous, E., Belk, M., Germanakos, P., & Samaras, G. (2013). Embracing cognitive factors and Fuzzy Logic in adaptive interactive systems. *Engineering Intelligent Systems*, 21(2–3), 161–178. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890512699&partnerID=40&md5=0afaba68832a0550fbb17fd421a9336e>
- A-37 Petroni, B. C. A. (2007). The use of intelligent agents to improve a web interface interaction and its usability. *Proceedings of the 2007 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD*, 372–376.
<https://doi.org/10.1109/CSCWD.2007.4281464>
- A-38 Ramanayaka, K. H., Chen, X., & Shi, B. (2019). UNSCALE: A Fuzzy-based Multi-criteria Usability Evaluation Framework for Measuring and Evaluating Library Websites. *IETE Technical Review (Institution of Electronics and Telecommunication Engineers, India)*, 36(4), 412–431. <https://doi.org/10.1080/02564602.2018.1498032>
- A-39 Ramanayaka, K. H., Chen, X., & Shi, B. (2019a). Application of extent analysis FAHP to determine the relative weights of evaluation indices for library website usability acceptance model. *IET Software*, 13(1), 86–95. <https://doi.org/10.1049/iet-sen.2018.5185>
- A-40 Rim, R., Amin, M. M., Adel, M., & Mohamed, A. (2017). Evaluation method for an adaptive web interface: GOMS model. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 557, 116–124.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-53480-0_12
- A-41 Sahi, G. (2018). Performance Evaluation of Artificial Neural Network for Usability Assessment of E-Commerce Websites. *2018 3rd International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2018*. <https://doi.org/10.1109/I2CT.2018.8529613>
- A-42 Serdar Biçer, M., & Diri, B. (2016). Defect prediction for Cascading Style Sheets. *Applied Soft Computing Journal*, 49, 1078–1084. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.05.038>
- A-43 Sicilia, M. A., & García, E. (2003). Modelling interacting web usability criteria through fuzzy measures. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2722, 182–185. https://doi.org/10.1007/3-540-45068-8_32
- A-44 Singh, T., Malik, S., & Sarkar, D. (2017). E-commerce website quality assessment based on usability. *Proceeding - IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation, ICCCA 2016*, 101–105. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2016.7813698>
- A-45 Soh, H., Sanner, S., White, M., & Jamieson, G. (2017). Deep sequential recommendation for personalized adaptive user interfaces. *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI*, 589–593. <https://doi.org/10.1145/3025171.3025207>
- A-46 Wahyuningrum, T., Azhari, & Suprpto. (2019). A comparison of extent analysis and fuzzy preference programming for evaluating B2C website usability. *Proceedings - 8th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, ICCSCE 2018*, 150–155. <https://doi.org/10.1109/ICCSCE.2018.8684999>
- A-47 Zheng, H., Feng, Y., & Tan, J. (2016). A fuzzy QoS-aware resource service selection considering design preference in cloud manufacturing system. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 84(1–4), 371–379.
<https://doi.org/10.1007/s00170-016-8417-7>

3.6 Resultados de la revisión

Una vez efectuada la revisión sistemática, se procede a agrupar los resultados de manera que permitan responder a las preguntas de investigación establecidas para este proyecto de fin de carrera.

3.6.1 Pregunta de investigación N° 1

A continuación, se presentan los resultados obtenidos que permiten responder la siguiente pregunta de investigación, “¿De qué manera la inteligencia artificial ha sido empleada para medir la usabilidad de aplicaciones web?”. Para responder la pregunta de investigación N° 1, se ha utilizado el formato de la Tabla 14, el cual ha permitido identificar aquellos estudios que describen el uso de técnicas de inteligencia artificial para la medición de la usabilidad.

3.6.1.1 Reporte de Resultados

Tabla 14: Artículos que reportan el uso de técnicas de inteligencia artificial para la medición de la usabilidad

Método de inteligencia artificial	Número de veces que se usó el método	Artículos
Lógica Difusa	27	A-01, A-02, A-03, A-04, A-09, A-11, A-14, A-16, A-17, A-18, A-19, A-20, A-22, A-23, A-24, A-25, A-26, A-28, A-31, A-34, A-36, A-38, A-39, A-43, A-44, A-46, A-47
Redes Neuronales Artificiales	6	A-06, A-07, A-08, A-21, A-29, A-41
Aprendizaje de Máquina	5	A-10, A-27, A-32, A-33, A-42
Inteligencia Artificial en general	4	A-05, A-12, A-30, A-35
Redes Neuronales Profundas Recurrentes	2	A-13, A-45
Redes Bayesianas	1	A-40c
Agentes Inteligentes	1	A-37
Retropropagación	1	A-15

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.2 Análisis de Resultados

En base a los resultados de la revisión sistemática, podemos identificar el empleo de diversas técnicas de inteligencia artificial tales como Lógica Difusa, Redes Neuronales

Artificiales, Aprendizaje de Máquina o Redes Bayesianas para realizar la medición de la usabilidad en el dominio web.

Se puede destacar el uso de la Lógica Difusa como la técnica más utilizada para cuantificar la usabilidad en aplicaciones web, siendo empleada en 27 artículos (Tabla 4). Es pertinente mencionar el principal beneficio que presenta la aplicación de este método al tratar variables ambiguas e imprecisas — por ejemplo, las denominadas Variables Lingüísticas como “Estar de acuerdo” o “Lo adecuado” —, generalmente usadas en los cuestionarios de usabilidad, ofreciendo un marco de trabajo matemático — consistente de 3 fases: *fuzzificación*, inferencia y *defuzzificación* — con el cual se pueda obtener un valor certero y fácilmente comparable para medir la usabilidad (Lemos & Nunes, 2018).

Por otro lado, el empleo de las Redes Neuronales Artificiales permite superar las limitaciones de métodos estadísticos como la regresión lineal debido a que permiten modelar variables sin correlaciones lineales y no requieren el uso de hipótesis “a priori” (Sahi, 2018). De forma simplificada, una red neuronal consiste de una capa de entrada, una capa de salida, una función de activación y un algoritmo de aprendizaje. Se puede ejemplificar esta estructura tomando como referencia el artículo de Geetanjali Sahi (Sahi, 2018), en el cual los nodos de entrada presentan variables como Calidad de Sistema, Confianza, Calidad de Extensión y Propiedad del Contenido y, en el nodo de salida, el resultado esperado es la Usabilidad Percibida.

En conclusión, la medición de la usabilidad en el dominio web se encuentra bastante enriquecida por diversas de técnicas de inteligencia artificial las cuales ofrecen resultados más exactos y, del mismo modo, superan las dificultades en la consideración de atributos para la cuantificación y en la incertidumbre de su caracterización (Lemos & Nunes, 2018).

3.6.2 Pregunta de investigación N° 2

A continuación, se presentan los resultados obtenidos que permiten responder la siguiente pregunta de investigación, “¿En qué dominios de aplicación web se reporta el uso de lógica difusa para la medición de usabilidad?”. Para responder la pregunta de investigación N° 2, se ha utilizado el formato de la Tabla 15, el cual ha permitido identificar aquellos estudios que reportan el empleo de lógica difusa para la medición de usabilidad en aplicaciones web.

3.6.2.1 Reporte de resultados

Tabla 15: Artículos que reportan el uso de lógica difusa para la medición de usabilidad en un dominio de aplicación web

Dominio de aplicación web	Número de artículos encontrados por dominio de aplicación web	Artículos
Comercio Electrónico	4	A-26, A-28, A-44, A-46
Servicios de Biblioteca	3	A-16, A-38, A-39
Servicios Educativos	2	A-11, A-31
Portales Web en general	2	A-18, A-23
Servicios de Gobierno Electrónico	2	A-17, A-24
Sistema de Administración de Cuidados de la Salud	1	A-04
Servicios de Entretenimiento	1	A-11
Servicios de venta de automóviles	1	A-11
Fuentes de Información	1	A-11
Portales Institucionales	1	A-22

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.2 Análisis de resultados

En conclusión, las aplicaciones web de Comercio Electrónico presentan la mayoría de los casos de estudio reportados como sistemas de medición de usabilidad basados en lógica difusa con 4 ocurrencias (Tabla 5).

El interés en esta área se debe a la importancia de proveer garantía y confianza a los consumidores, así como también, de un adecuado diseño y usabilidad para realizar transacciones en el dominio web (Masudin & Saputro, 2016).

Por otro lado, se puede destacar a los Servicios de Biblioteca como el segundo tipo de aplicación web con mayor interés en medición de la usabilidad, siendo el foco de investigación

en 3 casos de estudio (Tabla 5). La usabilidad en este tipo de aplicaciones web es importante porque es necesario proporcionar de acceso a contenido de calidad de forma electrónica y proveer diversos servicios adicionales que añaden valor y son esenciales para una adecuada experiencia de usuario (Ramanayaka et al., 2019b).

En síntesis, se puede concluir que existen diversos tipos de aplicaciones web en los cuales se enfocan los sistemas de medición de usabilidad utilizando técnicas de inteligencia artificial, los cuales intervienen en la mejora de la experiencia y el servicio otorgado hacia los usuarios.

3.6.3 Pregunta de investigación N° 3

A continuación, se presentan los resultados obtenidos que permiten responder la siguiente pregunta de investigación, “¿Cuáles son los atributos más empleados en estudios de evaluación de usabilidad utilizando lógica difusa?”.

Para responder la pregunta de investigación N° 3, se utilizará el formato de la Tabla 16, el cual permitirá identificar aquellos estudios que reporten el empleo de lógica difusa para la medición de usabilidad en aplicaciones web.

3.6.3.1 Reporte de resultados

Tabla 16: Artículos que reportan el empleo de atributos de usabilidad para su medición utilizando lógica difusa

Nombre del atributo	Número de artículos	Artículos
Eficiencia	12	A-04, A-11, A-16, A-17, A-22, A-23, A-24, A-26, A-38, A-39, A-43, A-44
Satisfacción	11	A-04, A-11, A-16, A-17, A-22, A-23, A-24, A-38, A-39, A-43, A-44
Facilidad de navegación	7	A-11, A-16, A-18, A-28, A-31, A-38, A-39,
Accesibilidad	6	A-16, A-18, A-22, A-38, A-39, A-46
Efectividad	6	A-04, A-11, A-22, A-23, A-24, A-26
Capacidad de aprendizaje	5	A-16, A-17, A-38, A-39, A-43
Velocidad de carga	4	A-18, A-28, A-44, A-46

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.2 Análisis de resultados

En conclusión, el atributo de usabilidad más evaluado fue eficiencia, siendo empleada en 12 artículos (Tabla 6). En general, la eficiencia se define como la medida en que una aplicación web cumple con sus objetivos. Se puede explicar la alta ocurrencia de este factor debido a que la eficiencia se encuentra presente en la definición de usabilidad según la ISO 9241-210 (ISO 9241-210, 2010), siendo esta la definición más reconocida.

Por otro lado, en segundo lugar, se encuentra la satisfacción, la cual fue reportada en 11 artículos (Tabla 6). La satisfacción se refiere al grado de utilidad de la aplicación web para un usuario (Chaudhary & Sangwan, 2015). Al igual que la eficiencia, la satisfacción también es reportada como una característica importante de la usabilidad en la definición otorgada por la mencionada ISO (ISO 9241-210, 2010).

Finalmente, en tercer lugar, se encuentra la facilidad de navegación, la cual es fundamental para proveer de una ruta hacia las distintas áreas e información contenidas dentro del sitio web (Chaudhary & Sangwan, 2015). Por lo tanto, una aplicación web con una facilidad de navegación adecuada debería mostrar en todo momento la ubicación actual del usuario, enlaces a todas las zonas más importantes del sistema y poseer una estructura simple sin niveles innecesarios (Ramanayaka et al., 2019a)

En síntesis, se puede evidenciar la utilización de diversos atributos seleccionados para medir la usabilidad, lo cual ayuda a lograr el objetivo de realizar una medición global y más homogénea considerando así, todas las variables de cuantificación posibles.

3.6.4 Pregunta de investigación N° 4

A continuación, se presentan los resultados obtenidos que permiten responder la siguiente pregunta de investigación, “¿De qué manera se han utilizado sistemas o modelos basados en lógica difusa para medir aplicaciones web de gobierno electrónico?”

Para responder la pregunta de investigación N° 4, se ha utilizado el formato de la Tabla 17, el cual ha permitido identificar aquellos estudios que reportan el uso de sistemas o modelos utilizados con el fin de medir la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico empleando lógica difusa.

3.6.4.1 Reporte de resultados

Tabla 17: Artículos que describen el uso de sistemas o modelos que ejecutan la medición de la usabilidad empleando lógica difusa en aplicaciones web de gobierno electrónico

Método empleado	País	Características del modelo	Artículos
Fuzzy Tsukamoto	República Checa	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza 3 métodos distintos para la <i>defuzzificación</i> (Center of Gravity, Height Method y Weighted center of area) • Emplea cuestionarios para realizar la medición de usabilidad inicial • Caso de estudio: Portales Web de Administración Pública • Verifica los resultados obtenidos utilizando el cuestionario SUS. 	A-17
Fuzzy Tsukamoto	Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza Center Average Defuzzier para la <i>defuzzificación</i>. • Verifica los resultados obtenidos comparándolos con el juicio de expertos 	A-24

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.2 Análisis de resultados

La revisión sistemática realizada como parte de este proyecto muestra solamente dos propuestas de medición de usabilidad, utilizando lógica difusa, enfocadas a aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico.

Es fundamental mencionar la importancia de una adecuada usabilidad en el dominio del gobierno electrónico debido a que representa el nexo entre el Estado y la ciudadanía. Además, este medio digital de comunicación es crucial en la reducción de la denominada “*brecha digital*”, debido a que permiten realizar trámites diversos que en otras circunstancias se harían de manera presencial.

Se puede concluir que la medición de la usabilidad de gobierno electrónico en el dominio web utilizando lógica difusa, se trata de un campo de investigación novedoso y lo suficientemente amplio para desarrollar futuras investigaciones.

3.7 Conclusiones

La revisión sistemática realizada como parte de este proyecto de fin de carrera evidencia que, si bien se han encontrado estudios que empleen técnicas de inteligencia artificial como métodos para cuantificar la usabilidad en el dominio web, esta aún no se aplica en gran medida.

Por otro lado, se pueden mencionar algunos de los beneficios que nos brinda el uso de técnicas de la inteligencia artificial en esta área de investigación como son el tratamiento de la ambigüedad en los atributos de la usabilidad y la posibilidad de obtener resultados más certeros, lo cual deriva en procesos de mejora continua para la usabilidad del software.

De igual manera, los sistemas de medición de usabilidad que emplean técnicas de inteligencia artificial en el dominio web están siendo utilizados, en su mayoría, para cuantificar la usabilidad de aplicaciones web de comercio electrónico y servicios de biblioteca, en los cuales es fundamental proveer el mejor servicio posible desde una perspectiva del diseño y facilidad de uso de la aplicación.

Asimismo, se identificaron cuáles son los atributos más utilizados en la medición de la usabilidad siendo los principales la eficiencia, la satisfacción y la facilidad de navegación. Estos factores son determinantes para una adecuada y correcta cuantificación de la usabilidad en el dominio web, y representan la base de contenido de los cuestionarios aplicados durante las evaluaciones iniciales.

Es necesario resaltar el hecho de que se hayan realizado muy pocas evaluaciones de usabilidad en el ámbito del gobierno electrónico utilizando aplicaciones de la inteligencia artificial, como la lógica difusa. De igual forma, es pertinente destacar la importancia de

asegurar que los sistemas web de gobierno electrónico posean una usabilidad idónea para poder así, cumplir con su función de ser el nexo digital entre el Estado y el pueblo.

Por lo que se concluye que existen diversas oportunidades de mejora en el ámbito de la medición de la usabilidad de sitios web de gobierno electrónico en términos de enfoque de los cuestionarios de usabilidad empleados hacia este dominio web y el método utilizado para cuantificar los resultados de esta medición (Delgado, Paz, Tupia, 2021).



Capítulo 4. Cuestionario de Usabilidad para la Evaluación de Portales Web de Gobierno Electrónico

4.1 Introducción

En el presente capítulo se expondrán los resultados alcanzados del Objetivo Específico 1 denominado “Seleccionar y adaptar los cuestionarios de usabilidad para portales web orientados a servicios de gobierno electrónico”. Estos cuestionarios han sido identificados en base a una selección y comparación entre aquellos que fueron reportados en los artículos obtenidos de la revisión sistemática con el propósito de identificar la mejor propuesta para realizar una evaluación de usabilidad que tome en cuenta todos los aspectos a considerar en el dominio web de servicios de gobierno electrónico.

4.2 Resultados alcanzados

Los resultados esperados del presente objetivo específico son:

R.1.1 Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura.

R.1.2 Cuestionario de aplicación de medición de usabilidad aplicable al dominio de aplicaciones de gobierno electrónico.

4.2.1 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 1.1

El Resultado Esperado 1.1 consiste en la identificación y comparación de distintos cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura. Para la identificación de estos cuestionarios se utilizó la revisión sistemática detallada en el Capítulo 3. Si bien se hizo énfasis en aquellos artículos que describen la lógica difusa como técnica de la inteligencia artificial en la medición de la usabilidad, la búsqueda y selección de cuestionarios fue genérica

considerando los artículos que reportan el uso de otras técnicas o algoritmos de inteligencia artificial para cuantificar esta medición.

En primer lugar, mediante la revisión sistemática realizada, se recopilaron 27 artículos que utilizaron la lógica difusa como técnica de la Inteligencia Artificial en la medición de la usabilidad en sistemas que pertenecen al dominio web. La lista de los artículos puede ser visualizada en el Anexo C: Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura.

En segundo lugar, se identificó si en el artículo se reporta el uso de algún tipo de cuestionario estandarizado para la obtención de los resultados de usabilidad. Debido a que la usabilidad está compuesta por subatributos, existen cuestionarios de medición enfocados a estos constructos y, por lo tanto, al disponer de un cuestionario se podrá, a través de la lógica difusa, determinar el grado de pertenencia a cada uno de estos y establecer el grado de usabilidad que posee un producto de software (Sauro & Lewis, 2012). En total, se obtuvo que únicamente 3 de los artículos utilizaron algún tipo de cuestionario estandarizado como parte de la investigación realizada.

En base a lo anteriormente mencionado, se decidió complementar estos hallazgos con otras propuestas en donde también se utilizó la lógica difusa como método de medición de usabilidad a fin de contar con un análisis completo que, considera no solamente la revisión de la literatura, sino estudios previos que ya han implementado un enfoque similar. Es por ello que, se procedió a añadir 2 cuestionarios presentes en los artículos de Lemos y Nunes (Lemos & Nunes, 2018) y de Hub (Hub & Zatloukal, 2010), los que, a pesar de no ser estandarizados, proveen métodos alternativos y hechos a medida para la medición de la usabilidad en el dominio web. Estos cuestionarios fueron seleccionados en base a factores tales como si se realizó la evaluación de usabilidad en el dominio web de gobierno electrónico y si cuentan con

información relacionada a factores y subfactores de usabilidad, escalas utilizadas y cantidad de preguntas.

Finalmente, se realizó la comparación entre todos los cuestionarios identificados tomando en cuenta factores como el índice de confiabilidad, atributos de usabilidad utilizados, cantidad de ítems, escala utilizada y el dominio de aplicación web donde se realizó la evaluación empírica. Con el propósito de organizar la información obtenida de mejor manera, se colocaron todos los datos mencionados en una tabla de doble entrada con la cual se puede identificar fácilmente de qué artículo científico proviene cada cuestionario de usabilidad comparado. Esta tabla puede visualizarse en su totalidad en el Anexo C: Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura.

Como parte de las validaciones realizadas a la información obtenida, se verificó que se identificaron todos los cuestionarios de usabilidad reportados en el 100% de los artículos científicos que utilizaron lógica difusa como parte de la Revisión Sistemática. La Tabla 18 muestra un resumen de esta verificación. La lista completa de artículos y los cuestionarios identificados pueden verse en el Anexo D: Matriz de trazabilidad de cuestionarios de usabilidad y artículos científicos.

Tabla 18: Verificación de cuestionarios de usabilidad presentes en artículos científicos

Tipo de cuestionario	Cantidad de artículos científicos	Cantidad de cuestionarios de usabilidad seleccionados
Cuestionarios estandarizados	3	3
Cuestionarios no estandarizados	24	2
Total	27	5

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 1.2

El Resultado Esperado 1.2 consiste en la selección del cuestionario de medición de usabilidad aplicable al dominio web de servicios de gobierno electrónico en base a la comparación realizada previamente. Para la selección de este cuestionario, se realizaron 3 entrevistas estructuradas con expertos en usabilidad, en las cuales se presentaron las principales

características de cada uno de los cuestionarios presentes en la Tabla 18. Las entrevistas pueden ser apreciadas en el Anexo E: Entrevistas de selección de cuestionario de usabilidad.

Una vez terminada la explicación de cada uno de los cuestionarios, los expertos indicaron, mediante una encuesta, qué tan aplicable es cada uno de los cuestionarios de manera que se abarquen todos los aspectos relacionados a la medición de usabilidad en este dominio web en un rango del 1 al 5, donde 1 es considerado el menos adecuado y 5 es considerado el más adecuado.

El cuestionario seleccionado fue el Cuestionario personalizado reportado en la investigación de Hub y Zatloukal (Hub & Zatloukal, 2010), debido a que, según los evaluadores, es el que se aplica con mayor énfasis al dominio de gobierno electrónico. La Tabla 19 muestra los resultados de estas evaluaciones y nos permiten visualizar claramente al cuestionario elegido para realizar la medición de usabilidad mediante el uso del sistema a desarrollar en el presente proyecto.

Tabla 19: Tabla de resultados de encuestas aplicadas a los expertos en usabilidad

Cuestionario	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio	Total
Cuestionario personalizado (Hub & Zatloukal, 2010)	1	5	5	3.7	11
System Usability Scale (SUS)	5	2	3	3.3	10
Usability Metric for User Experience (UMUX)	4	1	4	3	9
Website Analysis and Measurement Inventory (WAMMI)	3	4	2	3	9
Cuestionario personalizado (Lemos & Nunes, 2018)	2	3	1	2	6

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Discusión

Con el fin de lograr la consecución del Objetivo Específico 1, se realizó la obtención del Resultado Esperado 1.1 “Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura” y del Resultado Esperado 1.2 “Cuestionario de aplicación de medición de usabilidad aplicable al dominio de aplicaciones de gobierno electrónico”. A

modo de resumen, se pueden mencionar los resultados alcanzados relacionados al presente Objetivo Específico, los cuales son:

- Se recopilaron 27 artículos como parte de la Revisión Sistemática realizada que utilizaron la lógica difusa en la medición de la usabilidad en el dominio web.
- Se identificaron tres artículos científicos reportados en la literatura como parte de la Revisión Sistemática que utilizaron un cuestionario de usabilidad estandarizado en la investigación realizada.
- Los 24 artículos restantes utilizaron algún tipo de cuestionario personalizado tomando el dominio de aplicación web sobre el cual se realizaría la validación de los resultados.
- Se identificaron tres cuestionarios de usabilidad estandarizados: Usability Metric for User Experience (UMUX), Website Analysis and Measurement Inventory (WAMMI) y Software Usability Scale (SUS). Los dos cuestionarios restantes, si bien no son estandarizados, se elaboraron tomando en cuenta el dominio web como parte del objetivo de medición de usabilidad.
- Para la evaluación de usabilidad en el dominio web de servicios de gobierno electrónico solamente fueron utilizados el cuestionario UMUX y el cuestionario personalizado identificado en el artículo de Hub (Hub & Zatloukal, 2010).

En general, los resultados obtenidos indican claramente la falta de utilización de cuestionarios estandarizados como parte de las evaluaciones de usabilidad en los artículos identificados. Adicionalmente, se evidencia el predominio del uso de cuestionarios no estandarizados debido a que permiten adecuar de manera personalizada la evaluación a realizar de acuerdo a las características principales de cada tipo de dominio de aplicación web. La importancia de identificar los cuestionarios de usabilidad es que, a través de su uso, será posible identificar el grado de pertenencia del software a cada uno de los constructos que conforman el concepto de usabilidad.

En relación a los cuestionarios seleccionados como parte de la matriz de trazabilidad, solamente dos de ellos, el cuestionario UMUX y el cuestionario personalizado identificado en el artículo de Hub (Hub & Zatloukal, 2010), fueron utilizados como parte de la evaluación de un sitio web que pertenece al dominio web de gobierno electrónico. Debido a esto, son cuestionarios con la capacidad de ser utilizado en las evaluaciones de usabilidad como parte de la realización del presente proyecto. Un aspecto importante a considerar durante la obtención del presente resultado es el concerniente a la gran cantidad de cuestionarios personalizados identificados, de los cuales se seleccionaron dos de ellos para realizar la comparación en la matriz de trazabilidad tomando en cuenta factores tales como si se realizó la evaluación de usabilidad en el dominio web de gobierno electrónico y si cuentan con información relacionada a factores y subfactores de usabilidad, escalas utilizadas y cantidad de ítems.

Finalmente, luego de realizar las entrevistas y encuestas con los expertos en usabilidad, se determinó que el cuestionario más adecuado para la medición de usabilidad en el dominio web de servicios de gobierno electrónico es el cuestionario personalizado reportado en la investigación de Hub y Zatloukal (Hub & Zatloukal, 2010). A través de la aplicación de este cuestionario de usabilidad, ha sido posible realizar la validación de los resultados del sistema de información a desarrollar mediante un caso de estudio aplicado a un conjunto de sitios web de tipo G2C (Gobierno – Ciudadanos) presentes en el portal web “gob.pe”, que abarca a los principales sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico en nuestro país.

Capítulo 5. Módulo de *fuzzificación* y *defuzzificación* que permita obtener la medición cuantitativa del nivel de usabilidad

5.1 Introducción

En el presente capítulo se expondrá el resultado alcanzado del Objetivo Específico 2 denominado “Desarrollar un módulo basado en lógica difusa para calcular el nivel de usabilidad de los criterios de usabilidad de portales web”. Este módulo permitirá la obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad a través del uso del sistema de información.

5.2 Resultados alcanzados

El resultado esperado del presente objetivo específico es:

R. 2.1 Módulo de *fuzzificación* y *defuzzificación* que permita la obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.

5.2.1 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 2.1

El Resultado Esperado 2.1 consiste en la implementación del módulo de lógica difusa que permita obtener la medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web que proveen servicios de gobierno electrónico.

Para la implementación del módulo de lógica difusa se ha tomado en cuenta un algoritmo identificado en la revisión de la literatura que establece el proceso de *fuzzificación* y *defuzzificación* en base de los resultados obtenidos en la evaluación de usabilidad de un software a partir de cuestionarios.

En primer lugar, se procedió a identificar las variables lingüísticas que reflejan la percepción de los usuarios sobre el nivel de usabilidad del sitio web y que formarán parte de la implementación del módulo. De acuerdo a la investigación realizada por Nunes (Lemos & Nunes, 2018), las variables lingüísticas más adecuadas para este fin son “*De acuerdo*” y “*Nivel*

de adecuación”. Debido a la característica propia de un algoritmo de lógica difusa, que está compuesto por dos fases denominadas “fuzzificación” y “desfuzzificación”, cada una de estas variables lingüísticas permitirá la conversión de datos difusos en datos numéricos.

Luego, se definieron los rangos que tomarán cada una de estas variables difusas para obtener el nivel de pertenencia de cada subatributo de usabilidad elegido en términos del grado de usabilidad del sitio web evaluado.

En el caso de la variable lingüística “De acuerdo”, presenta un conjunto de 5 grados discretos equitativos entre sí que abarcan el intervalo de $[0, 1]$ los cuales son Totalmente en desacuerdo (TD), Parcialmente en desacuerdo (PD), Indiferente (I), Parcialmente de acuerdo (PA) y Totalmente de acuerdo (TA). Así, por ejemplo, si el usuario evaluador selecciona, para una pregunta, “Parcialmente de acuerdo”, esta pregunta recibiría un puntaje de 0.75, efectuándose la misma correlación con los demás grados. La Figura 1 muestra esta categorización:

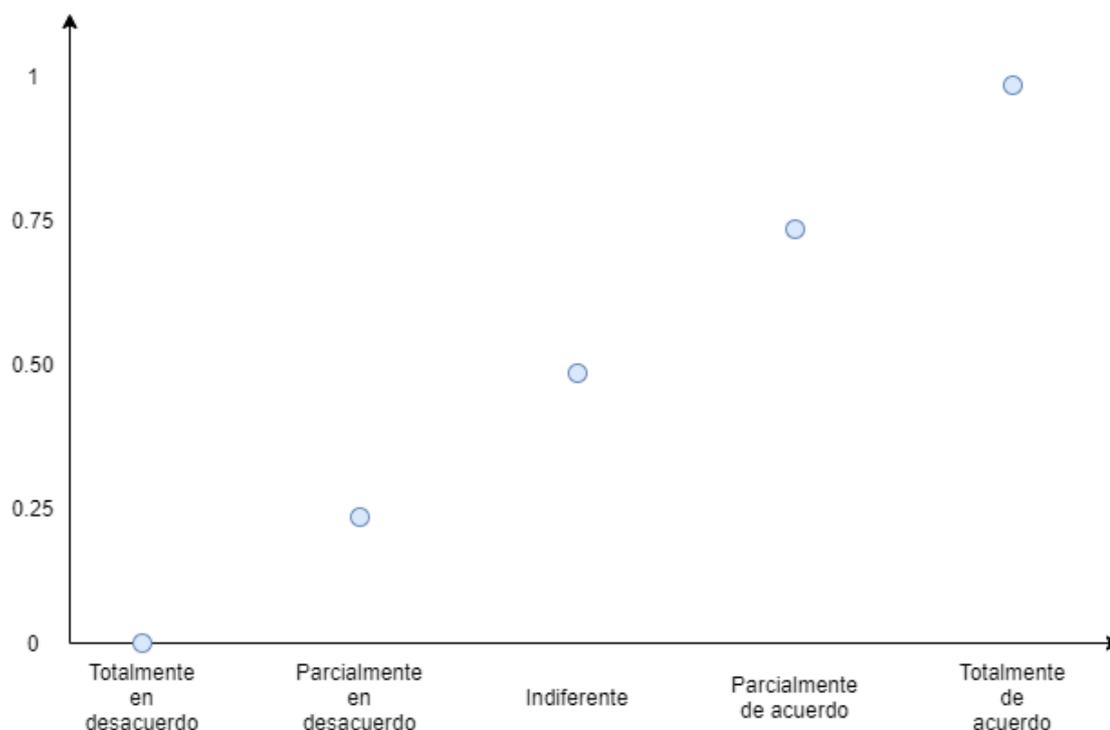


Figura 1: Variable lingüística De acuerdo

Fuente: Traducido de (Lemos & Nunes, 2018)

De la misma manera, la variable lingüística *Nivel de adecuación* presenta un rango continuo de valores que abarcan el intervalo [0, 1] mediante el cual se obtendrá el valor de la percepción de usabilidad a través del proceso de *defuzzificación* que es presentado en la Figura 2:

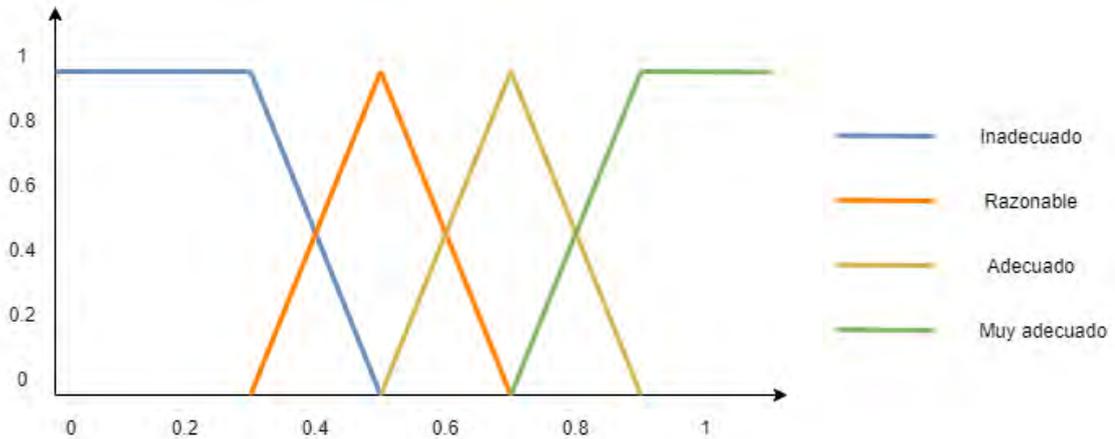


Figura 2: Variable lingüística Nivel de adecuación

Fuente: Traducido de (Lemos & Nunes, 2018)

Por otro lado, también se especificaron las fórmulas que efectuarán la conversión y cálculo de las variables difusas en términos cuantitativos.

Una vez que se efectúa la medición de usabilidad del sitio web mediante el cuestionario, cada respuesta efectuada es convertida en un valor numérico discreto de acuerdo a la Figura 1.

Luego, se tomó como base la fórmula de *defuzzificación* presente en la investigación de Lemos y Nunes (Lemos & Nunes, 2018) para calcular el nivel de pertenencia de cada factor de usabilidad. Asumiendo que se realiza una evaluación de usabilidad con 3 usuarios, la fórmula sería la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Subfactor } X = & \min [(U1, U2, U3)] * 0.25 + \text{prom} [(U1, U2, U3)] * 0.5 \\ & + \text{máx} [(U1, U2, U3)] * 0.25 \end{aligned}$$

Para finalizar, el cálculo del factor de usabilidad se efectúa realizando un promedio simple tomando en cuenta la cantidad de preguntas relacionadas a este factor de usabilidad.

Por ejemplo, asumiendo que se realiza la evaluación del factor de usabilidad “Eficiencia” y presenta cuatro preguntas relacionadas en el cuestionario elegido, el cálculo sería el siguiente:

Tabla 20: Respuestas de los tres usuarios luego de realizar la evaluación de usabilidad

		U1	U2	U3
Eficiencia	P1	PA	I	PD
	P2	I	PD	PA
	P3	I	I	PD
	P4	I	PA	PA

Fuente: Traducido de (Lemos & Nunes, 2018)

Tabla 21: Proceso de fuzzificación y conversión al conjunto difuso de la variable lingüística De acuerdo

		U1	U2	U3
Eficiencia	P1	0.75	0.5	0.25
	P2	0.5	0.25	0.75
	P3	0.5	0.5	0.25
	P4	0.5	0.75	0.75

Fuente: Elaboración propia. Basado en (Lemos & Nunes, 2018)

Tabla 22: Proceso de desfuzzificación y cálculo del nivel de pertenencia del factor de usabilidad

Min(P1:P4)	Prom(P1:P4)	Max(P1:P4)	Subfactor	Factor
0.25	0.5	0.75	0.5	0.53
0.25	0.5	0.75	0.5	
0.25	0.5	0.5	0.44	
0.5	0.75	0.75	0.69	

Fuente: Elaboración propia. Basado en (Lemos & Nunes, 2018)

Finalmente, en la Tabla 23, se presenta un breve pseudocódigo del proceso seguido en la cuantificación del nivel de pertenencia de este factor en el atributo de la usabilidad:

Tabla 23: Pseudocódigo de medición de la Usabilidad empleando Lógica Difusa

Pseudocódigo de medición de la Usabilidad empleando Lógica Difusa
1. Inicio
2. nUsu <- cantidad de usuarios
3. nPreg <- cantidad de preguntas
4. subfactor <- 0
4. Para i = 1 hasta nPreg hacer
5. Para j = 1 hasta nUsu hacer
6. rpta <- opción seleccionada en la pregunta
7. Si rpta = "TD" entonces
deAcuerdo[i][j] <- 0
SiNo Si rpta = "PD"
deAcuerdo[i][j] <- 0.25
SiNo Si rpta = "I"
deAcuerdo[i][j] <- 0.50
SiNo Si rpta = "PA"

```

                                deAcuerdo[i][j] <- 0.75
                                SiNo Si rpta = "TA"
                                    deAcuerdo[i][j] <- 1
                                Fin Si
                            Fin Para
                    Fin Para
8. Para i = 1 hasta nPreg hacer
    9. Para j = 1 hasta nUsu hacer
        10. min <- 2
        11. max <- 0
        12. suma <- 0
        13. Si deAcuerdo[i][j] < min entonces
            min <- deAcuerdo[i][j]
            SiNo Si deAcuerdo[i][j] > max entonces
                max <- deAcuerdo[i][j]
            Fin Si
        14. suma <- suma + deAcuerdo[i][j]
    15. prom <- suma / nUsu
    16. Si prom < 0.25 entonces
        prom <- 0.25
        SiNo Si prom > 0.25 y prom < 0.50 entonces
            prom <- 0.50
        SiNo Si prom > 0.50 y prom < 0.75 entonces
            prom <- 0.75
        SiNo Si prom > 0.75 entonces
            prom <- 1
        Fin Si
    17. subfactor[i] <- min * 0.25 + prom * 0.5 + max * 0.25
    Fin Para
18. Para i = 1 hasta nPreg hacer
    19. subfactor <- subfactor + subfactor[i]
    Fin Para
20. factor <- subfactor / nPreg
    21. Fin

```

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se obtuvo el pseudocódigo, se procedió a implementar el módulo de *fuzzificación y desfuzzificación*, utilizando el lenguaje de programación Python, y realizar una prueba de caja negra con 10 conjuntos de datos diferentes, en donde se verifique que los resultados obtenidos con este módulo están de acuerdo a los resultados realizados de forma manual en una hoja de cálculo. Los conjuntos de prueba utilizados se pueden observar en el Anexo F. Además, como verificación adicional, la Figura 3 muestra los resultados reportados en la investigación de Nunes (Lemos & Nunes, 2018), que corresponden adecuadamente al primer conjunto de datos de prueba.

Factors	Sub factors	User perception			Results		
		U1	U2	U3	Sub factors	Factors	UI
<i>(a) 1st evaluation</i>							
Efficiency	1	PA	I	PD	0.50	0.53	0.49
	2	I	PD	PA	0.50		
	3	I	I	PD	0.44		
	4	I	PA	PA	0.69		
Effectiveness	5	PA	I	I	0.56	0.50	
	6	PA	I	PA	0.69		
	7	PA	PD	I	0.50		
	8	PA	PA	PA	0.75		
	9	SD	SD	SD	0		
Satisfaction	10	I	I	I	0.50	0.43	
	11	I	PD	PD	0.31		
	12	I	PD	PD	0.31		
	13	I	I	I	0.50		
	14	I	I	I	0.50		

Figura 3: Resultados de la medición de usabilidad reportados en la investigación de (Lemos & Nunes, 2018)

Fuente: (Lemos & Nunes, 2018)

A continuación, la Tabla 24 muestra los resultados obtenidos con el módulo de *fuzzificación y desfuzzificación*, los cuales, conjuntamente con el código fuente del módulo, se pueden encontrar en el enlace del repositorio colocado en el Anexo G.

Tabla 24: Resultados de la prueba utilizando el pseudocódigo

Conjunto de datos	Factores	Resultado Subfactores	Resultado Factores	Cuantificación de la usabilidad	Resultado obtenido
1	Eficiencia	[0.50, 0.50, 0.44, 0.69]	0.53	0.49	Éxito
	Efectividad	[0.50, 0.69, 0.50, 0.75, 0]	0.50		
	Satisfacción	[0.50, 0.31, 0.31, 0.50, 0.50]	0.43		
2	Eficiencia	[0.69, 0.50, 0.50, 0.69]	0.60	0.62	Éxito
	Efectividad	[0.56, 0.69, 0.50, 0.75, 0.81]	0.66		
	Satisfacción	[0.56, 0.69, 0.56, 0.69, 0.50]	0.60		
3	Eficiencia	[1, 0.75, 0.50, 0.25]	0.62	0.55	Éxito
	Efectividad	[0, 0.56, 0.31, 0.75, 0.5]	0.42		
	Satisfacción	[0.50, 0.69, 0.50, 0.56, 0.575]	0.60		
4	Eficiencia	[0.75, 0.69, 0.44, 0.56]	0.61	0.54	Éxito
	Efectividad	[0.25, 0.50, 0.44, 0.56, 0.5]	0.45		

	Satisfacción	[0.50, 0.50, 0.56, 0.50, 0.75]	0.56		
5	Eficiencia	[0.69, 0.25, 0.31, 0.31]	0.39		Éxito
	Efectividad	[0.56, 0.25, 0.50, 0.50, 0.50]	0.46	0.46	
	Satisfacción	[0.44, 0.50, 0.75, 0.50, 0.44]	0.53		
6	Eficiencia	[0.38, 0.50, 0.44, 0.44]	0.44		Éxito
	Efectividad	[0.56, 0.56, 0.69, 0.44, 0.44]	0.54	0.51	
	Satisfacción	[0.25, 0.56, 0.44, 1, 0.56]	0.56		
7	Eficiencia	[0.56, 0.25, 0.56, 0.50]	0.47		Éxito
	Efectividad	[0.50, 0.50, 0.31, 0.25, 0.56]	0.42	0.50	
	Satisfacción	[0.50, 0.69, 0.81, 0.44, 0.56]	0.60		
8	Eficiencia	[0.44, 1, 0.75, 0.50]	0.67		Éxito
	Efectividad	[0.50, 0.63, 0.50, 0.31, 0.56]	0.50	0.56	
	Satisfacción	[0.56, 0.25, 0.56, 0.44, 0.69]	0.50		
9	Eficiencia	[0.25, 0.50, 0.50, 0.69]	0.49		Éxito
	Efectividad	[0.44, 0.25, 0.56, 0.25, 0.25]	0.35	0.44	
	Satisfacción	[0.56, 0.56, 0.63, 0.25, 0.44]	0.49		
10	Eficiencia	[0.50, 0.44, 0.44, 0.50]	0.47		Éxito
	Efectividad	[0.56, 0.50, 0.31, 0.56, 0.31]	0.45	0.43	
	Satisfacción	[0.25, 0.50, 0.31, 0.50, 0.31]	0.37		

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Discusión

Con el fin de lograr la consecución del Objetivo Específico 2, se realizó la obtención del Resultado Esperado 2.1 “Módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación* que permita la obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico”.

A modo de resumen, se pueden mencionar los resultados alcanzados del Resultado Esperado 2.1 los cuales son:

- Se realizó la definición de las variables lingüísticas o difusas a utilizar en el algoritmo de lógica difusa las cuales corresponden a *De acuerdo* y *Nivel de adecuación*.

- Se efectuó la especificación de la fórmula a utilizar para el proceso de *desfuzzificación* de las respuestas elegidas por los usuarios en la evaluación de usabilidad.
- Se realizaron 10 pruebas del módulo de lógica difusa para verificar que se obtenga el resultado correcto, de acuerdo a lo reportado en (Lemos & Nunes, 2018) y a los resultados obtenidos de forma manual.

Debido a que se cuenta con los elementos principales que conforman el algoritmo de lógica difusa, se pudo generar un pseudocódigo e implementar el módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación*. Este módulo, desarrollado con el lenguaje de programación Python, tiene la característica de mostrar los resultados parciales obtenidos en la fase de *desfuzzificación* al mostrar los valores obtenidos por cada subfactor y factor de usabilidad considerado en el cuestionario. Asimismo, exporta los resultados a un archivo de texto, a manera de reporte, para una mejor visualización de cada uno de los conjuntos de prueba utilizados.

Además, se verificó que la comparación entre los resultados obtenidos con este módulo y los resultados obtenidos de forma manual fue exitosa. Por lo tanto, se puede asegurar que el módulo, implantado en el sistema de información a desarrollar, tiene la capacidad de medir adecuadamente la usabilidad de las aplicaciones web de gobierno electrónico.

Capítulo 6. Implementación del sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico usando lógica difusa

6.1 Introducción

En el presente capítulo se expondrán los resultados alcanzados del Objetivo Específico 3 denominado “Implementar el sistema de información para la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico”. En primer lugar, se presentará la documentación relacionada a la arquitectura elegida para el sistema, que es el modelo de vistas 4 + 1 (Kruchten, 1995) con el propósito de definir el diseño, organización y distribución del sistema como fase previa a la implementación del mismo.

6.2 Resultados alcanzados

Los resultados esperados del presente objetivo específico son:

R.3.1 Documentación relacionada a la arquitectura elegida del sistema “Modelo de Vistas de Arquitectura 4 + 1”.

R.3.2 Sistema de información web implementado que permita cuantificar la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.

6.2.1 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 3.1

El Resultado Esperado 3.1 consiste en la documentación de arquitectura del sistema de información que está basado en el Modelo de Vistas de Arquitectura 4 + 1, el cual fue propuesto por Philippe Kruchten (Kruchten, 1995). En primer lugar, se elaboró el Documento de Visión y el Documento de Especificación de Requerimientos de Software como parte del análisis y diseño de la arquitectura del sistema, con el fin de identificar los roles de los usuarios, funcionalidades importantes y requerimientos no funcionales del software. Estos documentos pueden ser encontrados en el Anexo H y en el Anexo I, respectivamente. En segundo lugar, se

realizó una revisión del artículo donde es reportado este modelo de vistas, el cual está compuesto por la Vista Lógica, la Vista del Proceso, la Vista del Desarrollo, la Vista Física y la Vista Escenarios que contribuyen a obtener una visión holística de los componentes importantes en el sistema. A continuación, se explicarán los detalles de cada una de estas vistas.

La Vista Lógica tiene la función principal de definir los requerimientos funcionales, es decir, lo que el sistema debe proveer a los usuarios en términos de servicios (Kruchten, 1995). Para graficar esta vista se utiliza el Diagrama de Clases de UML que especifica las clases del sistema, sus atributos y operaciones y las relaciones entre ellos. A continuación, la Figura 4 muestra el Diagrama de Clases relacionado al sistema de información que se implementará.

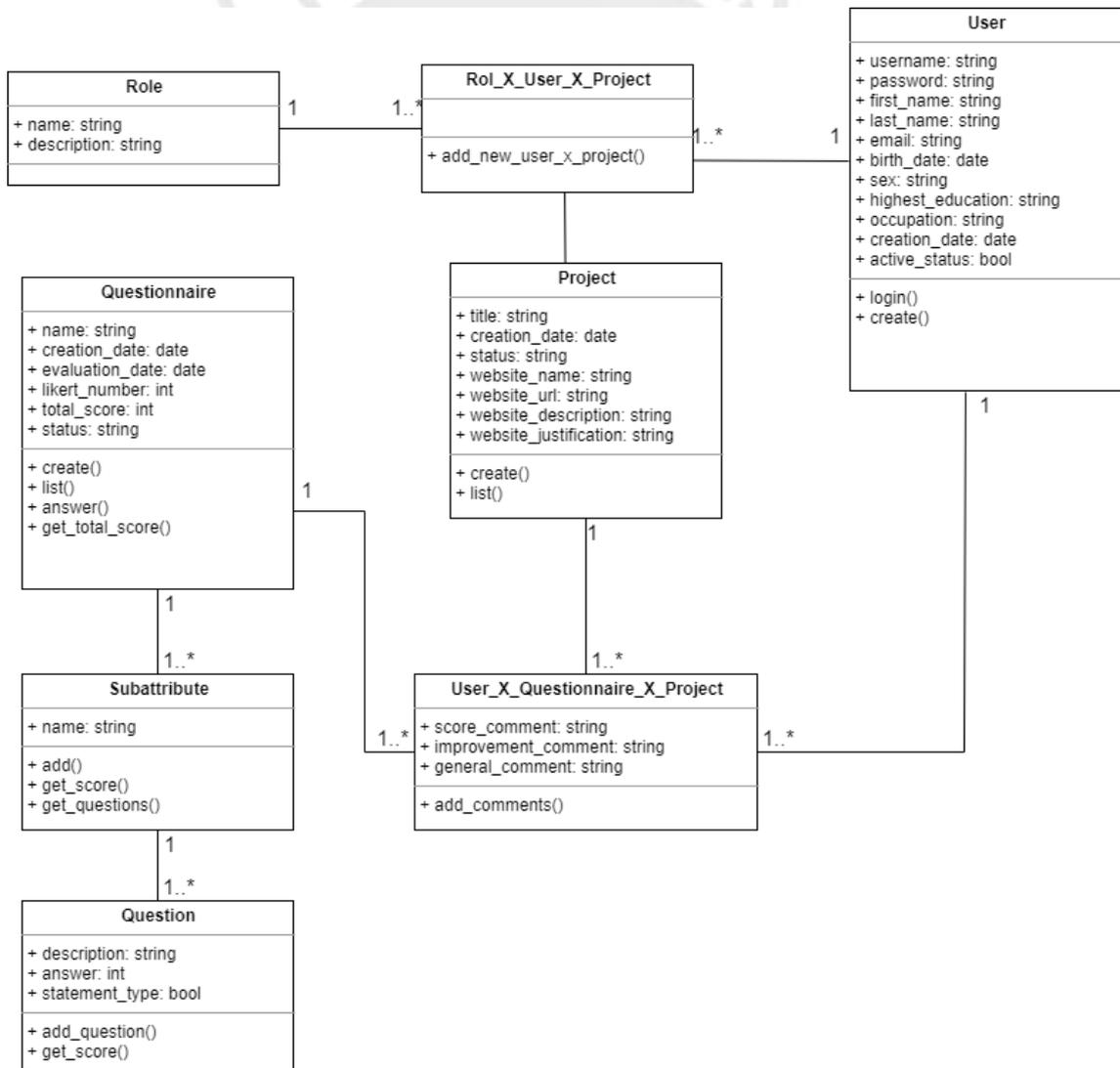


Figura 4: Diagrama de clases del sistema

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede evidenciar, se cuenta con diversas clases que conforman los actores del sistema, sobre las cuales se puede destacar a *User*, *Project* y *Questionnaire*. La clase *User* engloba todos los datos pertinentes de los usuarios del sistema y, en conjunto con la clase *Role* y *Role_X_User_X_Project*, nos otorga el rol de cada usuario por cada proyecto. Por otro lado, la clase *Project* está muy relacionada con la clase *Questionnaire* a través de la clase *User_X_Questionnaire_X_Project* debido a que cada usuario tiene la capacidad de responder los cuestionarios de cada proyecto. Finalmente, cada cuestionario está compuesto, a su vez, por subatributos de usabilidad y preguntas asociadas a cada uno de ellos.

Por otro lado, la Vista del Proceso toma en cuenta las tareas a seguir en los procesos definidos en el sistema (Kruchten, 1995). Para ejemplificar esta vista, se utiliza el Diagrama de Actividades de UML que describe los aspectos dinámicos del sistema. En este sistema, se definen tres roles principales, no exclusivos entre sí: Diseñador, Ejecutor y Revisor. El rol de Diseñador tiene la función de crear los cuestionarios y proyectos de medición. El Ejecutor tiene la función de efectuar los cuestionarios elegidos en cada proyecto. Por último, el Revisor tiene la capacidad de visualizar reportes de resultados de cada proyecto. Es importante mencionar que un usuario puede tener varios roles en un mismo proyecto, por lo tanto, podría realizar todas las tareas descritas en los diagramas de actividades.

Por otro lado, la Vista de Desarrollo se enfoca en los módulos que componen la organización del sistema (Kruchten, 1995). Para ilustrar esta vista se utiliza el Diagrama de Paquetes de UML que muestra cómo el sistema se divide en paquetes y cómo interactúan entre ellos. La Figura 5 muestra el Diagrama de Paquetes identificado como parte del desarrollo de este sistema de información.

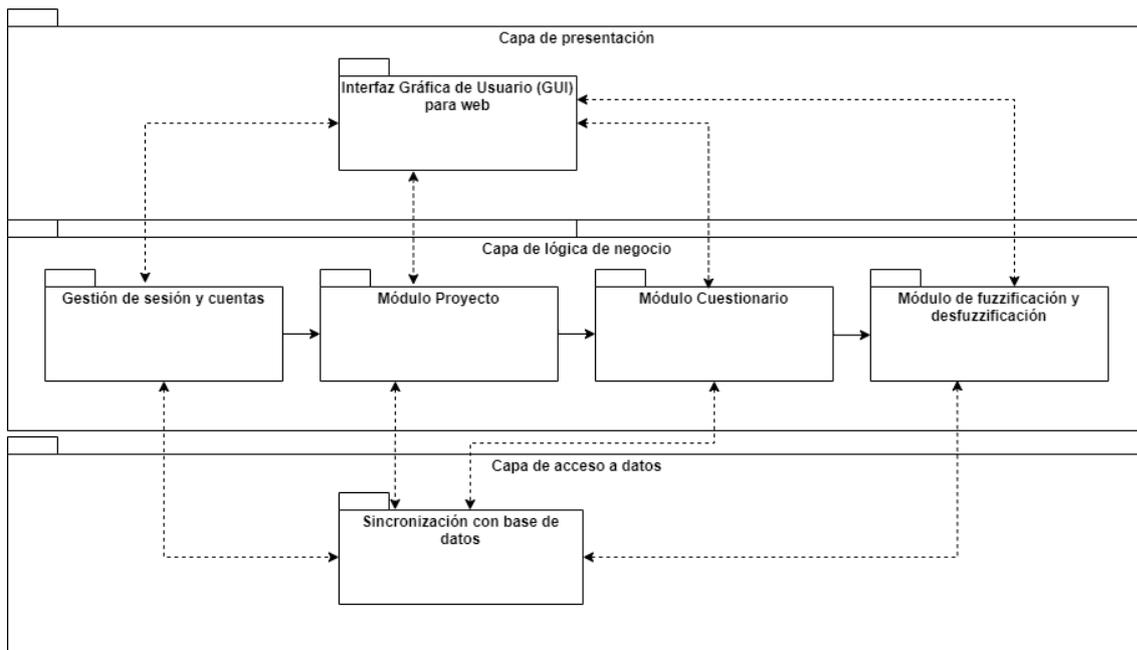


Figura 5: Diagrama de paquetes del sistema

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar, los principales paquetes del sistema corresponden a la gestión de sesión y cuentas de usuario, proyectos y cuestionarios de usabilidad y el módulo de *fuzziificación y desfuzziificación* que permitirá obtener la cuantificación de la usabilidad mediante el empleo de la lógica difusa.

Asimismo, la Vista Física muestra los requerimientos no funcionales del sistema en términos de disponibilidad, fiabilidad, rendimiento y escalabilidad (Kruchten, 1995). Para graficar esta vista se utiliza el Diagrama de Despliegue de UML que muestra el despliegue de los artefactos de hardware y software del sistema y las conexiones entre nodos. La Figura 6 muestra el Diagrama de Despliegue identificado en este sistema.

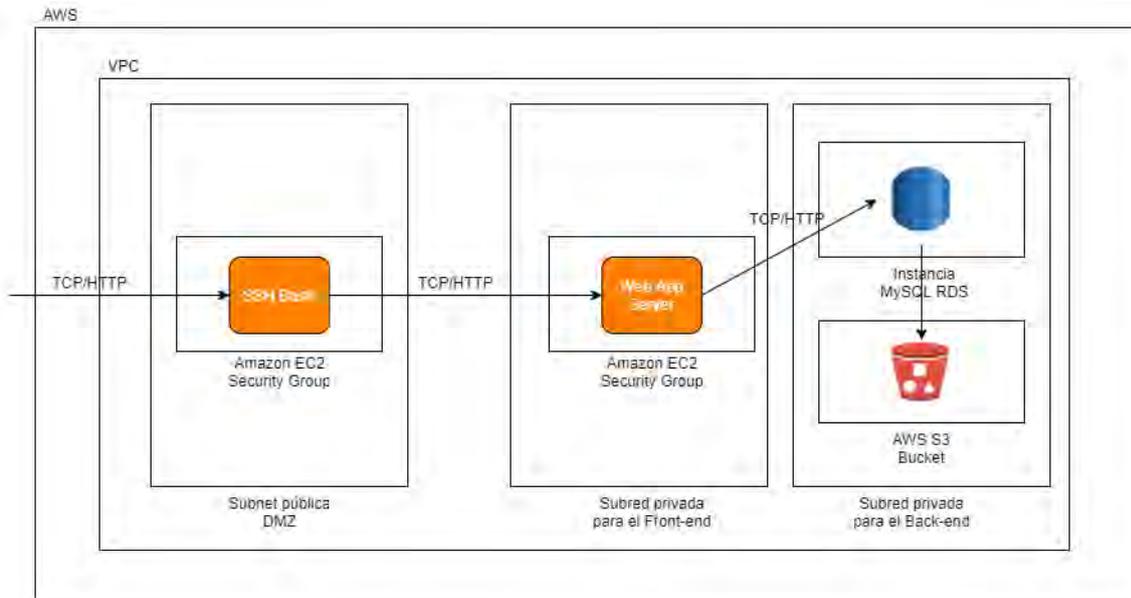


Figura 6: Diagrama de despliegue del sistema

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar, se utilizará diversas funcionalidades provistas por *Amazon Web Services* (AWS), de las cuales se puede destacar la instancia de cómputo EC2 que permitirá la conexión entre los usuarios y los componentes del Front-End y Back-End. Además, se utilizará una instancia RDS que alojará el motor de base de datos MySQL y, finalmente, se utilizará el servicio de almacenamiento S3 para realizar la exportación de los reportes de proyectos de medición de usabilidad.

Finalmente, la Vista de Escenarios muestra la abstracción de los requerimientos funcionales del sistema denominados Casos de Uso. Esta vista tiene el propósito de validar e ilustrar que el diseño de arquitectura del sistema está completo y, por lo tanto, cumple con satisfacer las expectativas de uso del sistema. La especificación de casos de uso identificados como parte del sistema se encuentran en el Anexo J.

6.2.2 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 3.2

El Resultado Esperado 3.2 consiste en la implementación del sistema de información que permitirá realizar la medición de la usabilidad, mediante el uso de la lógica difusa, en las

aplicaciones web de gobierno electrónico considerando todos los aspectos relevantes en este dominio web.

En primer lugar, se realizó la revisión y planificación del backlog semanal asociado a la implementación del sistema de información, el cual se detalla a continuación:

- Implementación de la base de datos del sistema.
- Ejecución de las pruebas funcionales.
- Despliegue de los entornos cliente y servidor.

Para cumplir con lo estipulado en el backlog semanal, se procedió a ingresar al Classroom del curso de Proyecto de Tesis 2 en la plataforma AWS Educate y crear dos instancias de cómputo EC2, para el Front-End y el Back-End del sistema, y una base de datos MySQL utilizando el servicio RDS. Luego, se procedió a realizar el despliegue de los servidores de Front-End y de Back-End utilizando la línea de comandos en las instancias de cómputo EC2 correspondientes. En segundo lugar, debido a las características del framework Flask y del servicio SQLAlchemy en el servidor Back-End, que permiten crear la base de datos de forma automática, era necesario implementar los archivos que corresponden con cada tabla de la base de datos a crear. Por lo tanto, se crearon 10 archivos que especifican las columnas y tipo de dato de cada tabla de la base de datos. Estos archivos se pueden observar en la ruta “app/models” en el repositorio del código fuente del servidor de Back-End adjunto en el Anexo K. Luego, se procedió a verificar la conexión a la base de datos mediante el punto de acceso, puerto, usuario administrador y contraseña provistos por el servicio RDS. Finalmente, se ejecutaron los comandos necesarios para la generación de la base de datos y se procedió a verificar su existencia en el servidor obtenido mediante el servicio RDS. El Anexo L contiene el diccionario de datos generado a partir del modelo de base de datos del sistema de información. La Figura 7 muestra el diagrama de base de datos que permite almacenar, de

forma adecuada, todos los datos relevantes al sistema, en base a la arquitectura presentada en el Resultado Esperado 3.1.

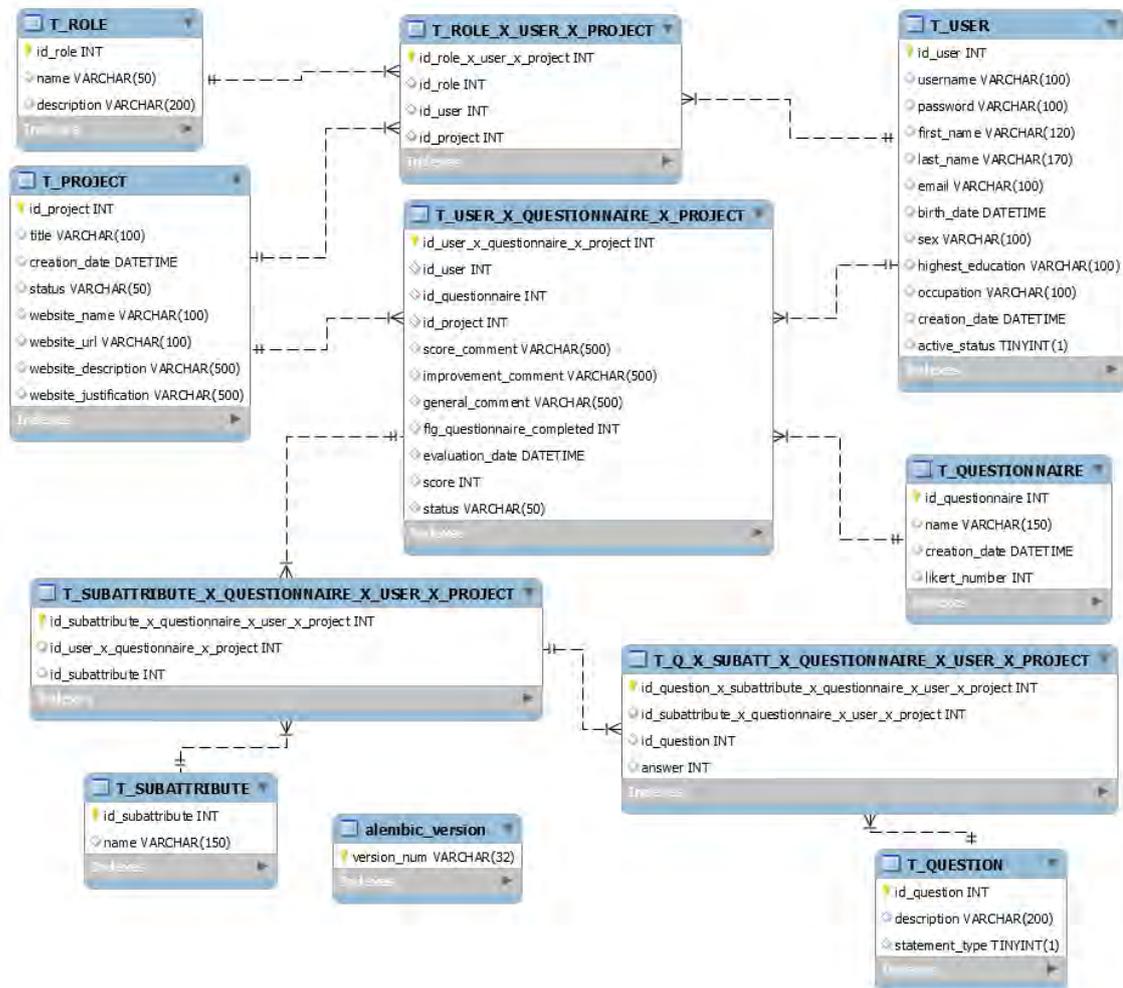


Figura 7: Diagrama de base de datos del sistema de información

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar las validaciones funcionales y comprobar el correcto funcionamiento de la base de datos, se implementaron los servicios web requeridos por el sistema para sus diversas funcionalidades que permiten la interacción entre el Front-End y el Back-End mediante el uso de la notación JSON. Entre los principales servicios web se pueden mencionar a la creación de usuarios, creación de proyectos de medición de usabilidad y creación de cuestionarios de usabilidad, los cuales corresponden con las funcionalidades principales del sistema. Los servicios web implementados se pueden observar en la carpeta “app” del repositorio del código fuente del servidor de Back-End adjunto en el Anexo K.

Continuando con la implementación del sistema de información, se procedió a realizar la revisión y planificación del backlog relacionado a la Iteración 2, el cual se detalla a continuación:

- Implementación del módulo de medición de usabilidad.
- Ejecución de las validaciones funcionales.
- Despliegue de los entornos cliente y servidor.

En relación a la implementación del módulo de medición de usabilidad, se completaron los servicios que permitirán obtener la medición cuantitativa de la usabilidad incluyendo el servicio que interactúa con el módulo de fuzzificación y desfuzzificación, mencionado anteriormente.

En primer lugar, el módulo de medición de usabilidad recibe como entrada, en notación JSON, las respuestas elegidas a cada pregunta de usabilidad por el usuario ejecutor asociado a un determinado proyecto de medición. Una vez recibida esta entrada, el módulo de medición de usabilidad ingresa la información en la base de datos y, posteriormente, verifica si todos los usuarios ejecutores asociados al proyecto han respondido el cuestionario enviado como entrada. Si no es el caso, el módulo solamente muestra un mensaje de confirmación del correcto ingreso de datos.

En el caso que la evaluación ingresada corresponda al último usuario ejecutor que falta responder el cuestionario, el módulo procede a transformar las respuestas ingresadas en listas anidadas de manera que sea apto para el procesamiento del módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación*. La agrupación de las respuestas se realiza siguiendo el siguiente orden: usuarios, subatributos y respuestas. Es decir, la primera lista corresponderá a las respuestas del primer usuario, la segunda lista a las respuestas del segundo usuario, etc.

Finalmente, esta lista anidada es enviada al módulo de *fuzzificación y desfuzzificación*, el cual procede, según lo detallado en el pseudocódigo validado, a efectuar la medición de la usabilidad siguiendo las etapas de *fuzzificación y desfuzzificación* propias del uso de la lógica difusa.

Por otro lado, también se realizó el avance de la implementación del módulo Front-End el cual permitirá a los usuarios del sistema interactuar con todas sus funcionalidades a través de un entorno gráfico y de fácil uso. Para desarrollar este módulo se siguieron recomendaciones de buenas prácticas en el uso de la librería React, como reutilización y minimización de componentes y refactorización de código. El Anexo M, denominado “Repositorio del código fuente del servidor Front-End”, contiene el enlace al repositorio donde se encuentra el código fuente de este módulo.

Una vez que el usuario ingresa al sistema, puede seleccionar la opción “Proyectos” en la parte superior para ver los proyectos de medición de usabilidad de sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico en los que está participando, ya sea con el rol de diseñador, ejecutor o revisor. En el caso de que el usuario desee crear un nuevo proyecto de medición de usabilidad deberá seleccionar la opción “Nuevo Proyecto” para acceder a la pantalla de Creación de Proyecto. En esta pantalla deberá indicar el título del proyecto, el nombre, URL, información general y justificación de elección del sitio web de gobierno electrónico. Además, podrá seleccionar a los usuarios que desea que sean participantes del presente proyecto teniendo la posibilidad de elegir su rol como ejecutor del cuestionario o como revisor del proyecto. Finalmente, tiene la opción de seleccionar uno o más cuestionarios de usabilidad que han sido creados por él, los cuales se usarán para efectuar la medición de la usabilidad. La Figura 8 muestra la pantalla de Creación de Proyecto.

The screenshot shows the 'Crear Nuevo Proyecto' form in the Fuzzybility system. The form is titled 'Crear Nuevo Proyecto' and has a green plus icon above it. It contains the following fields and options:

- Título del proyecto *
- Nombre del sitio web *
- URL del sitio web *
- Información general del sitio web *
- Justificación de evaluación del sitio web *
- Selección de usuarios del cuestionario:
 - Rol de usuario:
 - Rol Ejecutor
 - Rol Revisor
- Selección cuestionario de usabilidad:

A blue button labeled 'CREAR PROYECTO' is located at the bottom of the form.

Figura 8: Pantalla de creación de proyecto de medición del sistema de información Fuzzybility

Fuente: Elaboración Propia

Además de poder visualizar los proyectos de medición de usabilidad en los cuales está participando, el usuario puede visualizar los cuestionarios de medición que ha registrado en el sistema seleccionando la opción “Cuestionarios”.

En el caso que el usuario desee registrar un nuevo cuestionario de usabilidad, puede seleccionar la opción “Nuevo Cuestionario”. La Figura 9 muestra la pantalla de “Creación de Cuestionario” donde deberá indicar el título del cuestionario, así como también, los subatributos de usabilidad y las preguntas asociadas a cada uno de estos subatributos.

The screenshot shows the 'Crear Nuevo Cuestionario' form in the Fuzzybility system. The form is titled 'Crear Nuevo Cuestionario' and has an orange plus icon above it. It contains the following fields and options:

- Título del cuestionario *
- Ingresar subatributo *
- Ingresar pregunta *
- Tipo de declaración:
 - Declaración Positiva
 - Declaración Negativa

Buttons for 'AGREGAR SUBATRIBUTO' and 'AGREGAR PREGUNTA' are located to the right of the subattribute and question input fields, respectively. A blue button labeled 'CREAR CUESTIONARIO' is at the bottom.

Figura 9: Pantalla de creación de cuestionario de medición del sistema de información Fuzzybility

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, el usuario puede revisar los reportes de los proyectos de medición en los cuales tiene asignado ese determinado rol, seleccionando la opción “Reportes” en la parte superior.

Como parte de las validaciones funcionales, se hizo una prueba de todo el flujo general del sistema tomando en cuenta el primer conjunto de datos utilizado para la verificación del módulo de *fuzzificación* y *defuzzificación*. En primer lugar, se crearon cinco usuarios, entre los cuales se tendrá a un usuario diseñador, tres usuarios ejecutores y un usuario revisor.

En segundo lugar, se realizó la creación de un cuestionario de usabilidad que cuenta con 3 subatributos de usabilidad (Eficiencia, Efectividad y Satisfacción) los cuales cuentan con 4, 5 y 5 preguntas, respectivamente. Luego, se creó el proyecto de medición al cual se asociaron los usuarios registrados y el cuestionario creado.

Finalmente, se enviaron las respuestas simuladas de los usuarios, según el primer conjunto de prueba, obteniendo un nivel de usabilidad de 0.49, lo cual coincide con el resultado esperado.

Una vez se obtuvieron y validaron los resultados obtenidos en la Iteración 2, se procedió a guardar el código fuente de los servidores Front-End y Back-End en sus respectivos repositorios en GitHub y realizar el despliegue del sistema de información en las instancias EC2 en AWS Educate.

Continuando con la implementación del sistema de información, se procedió a realizar la revisión y planificación del backlog relacionado a la Iteración 3, el cual se detalla a continuación:

- Implementación del módulo de reportes del sistema.
- Implementación del módulo de comentarios sobre un cuestionario de usabilidad.
- Ejecución de las validaciones funcionales.

- Despliegue de los entornos cliente y servidor.

En relación a la implementación de los reportes del sistema, se culminó con el servicio web que brinda la información necesaria para la reportería en el servidor de Back-End, la cual corresponde al puntaje obtenido de cada cuestionario de usabilidad en un proyecto de medición que cuenta con el estado “Completo”, es decir, que todos sus cuestionarios asociados han sido respondidos por todos los usuarios con el rol de “Ejecutor”.

Si el usuario desea visualizar el reporte de medición de un cuestionario, puede ingresar a la sección “Reportes” y seleccionar la opción “Ver Cuestionarios” de un proyecto. De esta forma, podrá observar un gráfico de barras que muestra el puntaje obtenido por cada cuestionario asociado al proyecto. Además, se muestra un mensaje, por cada cuestionario de usabilidad respondido, que indica el puntaje obtenido en términos del nivel de pertenencia al atributo de la usabilidad y el nivel de adecuación del sitio web obtenido. La Figura 10 muestra los datos anteriormente mencionados:



Figura 10: Reporte de la evaluación de los cuestionarios de usabilidad de un proyecto de medición

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, se completó la funcionalidad de responder comentarios sobre un cuestionario de usabilidad evaluado asociado a un determinado proyecto de medición. Estos

comentarios están relacionados al puntaje obtenido, a posibles opciones de mejora y a generalidades sobre el proceso de evaluación.

Una vez finalizado el módulo de reportes y la funcionalidad de realizar comentarios sobre la evaluación, se llevó a cabo la integración total de los servidores Front-End y Back-End con el objetivo de acceder a todas las funcionalidades del sistema desde la vista de presentación. Con el objetivo de verificar la correcta integración del sistema y, además, validar las funcionalidades del sistema, se procedió a ejecutar las pruebas funcionales finales del sistema las cuales verifican que todas las funcionalidades del sistema han sido correctamente implementadas. Finalmente, se culminó la presente iteración guardando los cambios realizados en los repositorios en GitLab tanto del Front-End como del Back-End y con el despliegue completo del sistema en las instancias EC2 de AWS Educate con el propósito de acceder al sistema desde Internet.

6.3 Discusión

Con el fin de lograr la consecución del Objetivo Específico 3, se realizó la obtención del Resultado Esperado 3.1 “Documentación relacionada a la arquitectura elegida del sistema “Modelo de Vistas de Arquitectura 4 + 1”. A modo de resumen, se pueden mencionar los resultados alcanzados del Resultado Esperado 3.1 y del Resultado Esperado 3.2 los cuales son:

- Se realizó la especificación de la arquitectura del sistema tomando en cuenta el Modelo de Vistas 4 + 1, propuesto por Philippe Kruchten.
- Se explicó en qué consisten las diferentes vistas de arquitectura y cómo se pueden ilustrar gráficamente utilizando diagramas UML.
- Se presentaron los diagramas UML relacionados a cada vista para detallar diversos aspectos de software y hardware del sistema.

- Se realizó la revisión y planificación del backlog asociado a la implementación del sistema de información para poder ejecutar las actividades en orden.
- Se crearon las instancias EC2 para el Front-End y el Back-End del sistema en la plataforma AWS Educate. Asimismo, también se usó el servicio RDS para la creación del servidor que aloja la base de datos.
- Se efectuó la creación de la base de datos de forma automática utilizando las características del framework Flask y el servicio SQL Alchemy.
- Se realizaron pruebas funcionales utilizando los servicios web principales del sistema para verificar el correcto ingreso de la información.
- Se culminó con el módulo de medición de usabilidad del sistema que permitirá la obtención del nivel de pertenencia del sistema web seleccionado al atributo de usabilidad.
- Se completó el módulo de reportes del sistema el cual muestra los proyectos que han sido completados asociados a un usuario y el puntaje obtenido en cada uno de los cuestionarios elegidos.
- Se implementó la funcionalidad de responder comentarios sobre la evaluación de un cuestionario de usabilidad asociado a un determinado proyecto de medición.
- Finalmente, se realizó la integración total del Front-End y el Back-End y se ejecutaron las pruebas funcionales finales para verificar el correcto funcionamiento del sistema.

En base a las vistas de arquitectura y sus diagramas UML asociados explicadas líneas anteriores, se puede realizar una adecuada implementación del sistema debido a que se cuenta con toda la información necesaria sobre los componentes que lo conforman. Estos diagramas fueron necesarios para realizar el correcto despliegue de las instancias de los servidores Front-End y Back-End y la implementación de la base de datos del sistema de información. Estos resultados alcanzados son determinantes en la implementación de cualquier tipo de sistema

debido a que representan su estructura. Además, este proceso puede ser fácilmente generalizado para cualquier tipo de sistema debido a la simplicidad del uso de las herramientas mencionadas.

En la Iteración 2 de la presente implementación del sistema de información se realizaron avances en el servidor Front-End y en el servidor Back-End, siendo este último casi finalizado por completo. Sin embargo, aún se encuentra por implementar la integración entre ambas instancias de algunas funcionalidades como la creación de usuario, cuestionario, proyecto y la evaluación de un cuestionario de usabilidad, los cuales serán implementados durante la siguiente iteración. Asimismo, también se encuentra pendiente mejorar el diseño del Front-End con el propósito de que el sitio web sea lo más usable posible para los usuarios que lo utilizarán.

Por último, en la Iteración 3 de la implementación del sistema, se completó el módulo de reportes del sistema, el cual mostrará, empleando un gráfico de barras, el nivel de usabilidad alcanzado por el sitio web evaluado en cada uno de los cuestionarios de usabilidad seleccionados en un proyecto de medición. De esta manera, el usuario puede evaluar y comparar el nivel de pertenencia de este sitio web al atributo de usabilidad. Además, se implementó la funcionalidad de responder comentarios sobre un cuestionario de usabilidad evaluado de manera que se puedan establecer propuestas de mejora e indicativos sobre el proceso de evaluación realizado.

Capítulo 7. Validación del sistema implementado a través de un caso de estudio de aplicaciones web disponibles en el portal “gob.pe”

7.1 Introducción

En el presente capítulo se expondrán los resultados alcanzados del Objetivo Especifico 4 denominado “Validar el sistema implementado a través de un caso de estudio en el cual se mida el nivel de usabilidad de un conjunto de aplicaciones web disponibles en el portal “gob.pe”. Estas aplicaciones web fueron seleccionadas en base a criterios definidos por un experto en gobierno electrónico. Por otro lado, la evaluación de usabilidad será realizada por expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador mediante un protocolo de revisión cuyo fin es efectuar la validación de los resultados del sistema.

7.2 Resultados alcanzados

Los resultados esperados del presente objetivo específico son:

- R. 4.1 Lista de criterios de selección de los sujetos de prueba que pertenecen al portal web que engloba sistemas web de gobierno electrónico, “gob.pe”.
- R 4.2 Sitios web de gobierno electrónico, del tipo G2C (Gobierno-Ciudadanos) seleccionados en base a los criterios.
- R 4.3 Protocolo para efectuar la validación de los resultados del sistema.
- R 4.4 Informe de resultados de la aplicación del sistema.

7.2.1 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 4.1

El Resultado Esperado 4.1 consiste en la identificación de los criterios de selección de las aplicaciones web, pertenecientes al portal “gob.pe”, sobre las cuales se efectuará la medición de la usabilidad.

Para la identificación de estos criterios, se realizó una reunión con un experto en gobierno electrónico donde se determinaron los siguientes cuatro requisitos de selección:

- El sitio web debe estar disponible en el portal www.gob.pe.
- El sitio web debe ser del tipo G2C (Gobierno-Ciudadanos).
- El sitio web debe poseer múltiples funcionalidades orientadas a brindar servicios de gobierno electrónico. Además, es recomendable que cuente con la posibilidad de realizar pagos en línea mediante pasarelas internas o externas de pago.
- El sitio web debe tener la funcionalidad de búsqueda y generación de documentos.

7.2.2 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 4.2

El Resultado Esperado 4.2 consiste en la selección de los sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico en base a los criterios definidos en el Resultado Esperado 4.1.

Mediante la asesoría del experto de gobierno electrónico, se seleccionaron tres sitios web que cumplen con los criterios definidos, los cuales son la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), la Superintendencia Nacional de Migraciones y la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP). A continuación, se muestra la evidencia de cumplimiento de los criterios definidos para los sitios web seleccionados:

- **Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT).**
Enlace: <http://www.sunat.gob.pe/>
 - a. Este sitio web está disponible en el portal www.gob.pe
 - b. Posee diversos servicios orientados al ciudadano que hacen que califique como un sitio web de gobierno electrónico del tipo G2C.
 - c. Se pueden realizar diversos trámites y servicios en términos de tributación. Además, permite realizar pagos en línea mediante una pasarela de pagos.
 - d. Cuenta con la funcionalidad de búsqueda y generación de documentos.
- **Superintendencia Nacional de Migraciones**

Enlace: <https://www.gob.pe/migraciones>

- a. Este sitio web está disponible en el portal www.gob.pe
 - b. Principalmente, cuenta con servicios orientados al ciudadano, por lo tanto, es un sitio web de gobierno electrónico del tipo G2C.
 - c. Se pueden realizar diversos trámites y servicios orientados a la obtención de documentación para el ingreso o salida del país. Si bien no cuenta con una pasarela de pagos embebida, es posible utilizar la plataforma págalo.pe para realizar el pago en línea.
 - d. Cuenta con la funcionalidad de búsqueda y generación de documentos.
- **Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP).**

Enlace: <https://www.gob.pe/sunarp>

- a. Este sitio web está disponible en el portal www.gob.pe
- b. Posee diversos servicios orientados al ciudadano que hacen que califique como un sitio web de gobierno electrónico del tipo G2C.
- c. Se pueden realizar diversos trámites y servicios en términos de actos, contratos y titularidades de las personas sobre sus bienes. Además, permite realizar pagos en línea mediante una pasarela de pagos.
- d. Cuenta con la funcionalidad de búsqueda y generación de documentos.

7.2.3 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 4.3

El Resultado Esperado 4.3 consiste en la redacción del protocolo para efectuar la validación de los resultados del sistema.

Una vez que se identificaron a los sitios web de gobierno electrónico que serán considerados en el proceso de evaluación como parte de sujetos de prueba del caso de estudio, se procede a enumerar y detallar los pasos a seguir por los expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador durante el protocolo de validación de los resultados.

1. Entrega de los cuestionarios de evaluación.

Los evaluadores deberán ingresar al sistema de información implementado y efectuarán el registro de su usuario para el acceso al mismo.

Luego, uno de los investigadores deberá ingresar, en el sistema de información implementado, el cuestionario de usabilidad seleccionado como parte del Resultado Esperado 1.1, que corresponde al cuestionario utilizado en el artículo de Hub y Zatloukal (Hub & Zatloukal, 2010), el cual está orientado a evaluar la usabilidad en sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico y está compuesto por cuatro subatributos de usabilidad y nueve preguntas, los cuales se detallan a continuación:

Subatributos y preguntas de usabilidad

- **Capacidad de aprendizaje**
 - Considero que el contenido del sitio web es fácil de leer y visualizar.
 - Considero que la información es instantáneamente comprensible.
 - La navegación de este sitio web es simple y fácil de comprender.
- **Eficiencia**
 - Es simple y rápido encontrar algún tipo de información en el sitio web.
 - La información encontrada en este sitio web es reciente.
 - Los elementos del sitio web son cargados rápidamente.
- **Capacidad de memoria**
 - Conozco mi ubicación actual en el sitio web en cualquier momento durante la navegación.
- **Satisfacción**
 - El diseño gráfico del sitio web cumple con mis expectativas.
 - Estoy satisfecho por la cantidad de gráficos que se muestran en el sitio web.

Posteriormente, el experto que ingresó el cuestionario de usabilidad en el sistema, deberá crear tres proyectos de medición de usabilidad por cada uno de los sitios web seleccionados. Asimismo, deberá asociar el cuestionario creado y agregar a sí mismo y a los demás expertos con el rol de ejecutor para tener la función de responder el cuestionario.

2. Acceso a los sitios web de gobierno electrónico.

En esta etapa, los expertos en usabilidad ingresarán a los sitios web de gobierno electrónico mediante los enlaces proporcionados.

3. Ejecución de la prueba.

En esta etapa, los expertos en usabilidad evaluarán la interacción realizada con los sitios web de gobierno electrónico seleccionados empleando las heurísticas de usabilidad propuestas por Jakob Nielsen (Nielsen, 1994).

A continuación, se especifica las actividades a realizar en cada una de estas aplicaciones web.

a. SUNAT

- i. Seleccionar la opción Emitir recibo por honorarios electrónico.
- ii. Seleccionar la opción Emisión RHE.
- iii. Digitar las credenciales de acceso.
- iv. Ingresar todos los datos pertinentes para realizar la emisión del recibo por honorarios electrónico.
- v. Seleccionar la opción Reversión RHE.
- vi. Digitar el número de recibo a revertir.
- vii. Confirmar la reversión del RHE.

b. Migraciones

- i. Ingresar a la sección Servicios / Nacionales Trámites / Trámites para nacionales.
- ii. Seleccionar la opción para gestionar una Cita Electrónica para renovación del pasaporte electrónico.
- iii. Digitar los datos pertinentes para la reserva de una cita.
- iv. Seleccionar una fecha disponible para la programación de una cita.

No obstante, en el caso que no se pueda efectuar una prueba de renovación del pasaporte electrónico, se seguirán los siguientes pasos que consisten en verificar la vigencia de un pasaporte electrónico:

- i. Ingresar al apartado de Servicios / Nacionales Trámites / Consulta la vigencia de tu Pasaporte.
- ii. Ingresar los datos correspondientes al pasaporte electrónico.

b. SUNARP

- i. Seleccionar la opción Acceder a la Plataforma de Servicio de Publicidad Registral en Línea (SPRL).
- ii. Digitar las credenciales de acceso al sistema. En el caso de no contar con un usuario, se deberá registrar previamente.
- iii. Solicitar una copia literal de la Partida Registral del Predio.

4. Documentación de los resultados

En esta etapa, los expertos en usabilidad evaluarán los sitios web de gobierno electrónico en base a los criterios definidos en el cuestionario ingresado y observarán el resultado de la medición de usabilidad empleando lógica difusa, otorgada por el sistema de información implementado. Además, llenarán una breve encuesta donde podrán detallar sus apreciaciones y comentarios sobre los resultados obtenidos con el

sistema de información y, si así lo ven conveniente, emitir su conformidad sobre su utilidad y los resultados obtenidos.

5. Entrega de los resultados

En esta etapa, los expertos en usabilidad enviarán la encuesta realizada como medio de verificación y sustentación de la evaluación y conformidad con los resultados obtenidos.

7.2.4 Resultados alcanzados del Resultado Esperado 4.4

El Resultado Esperado 4.4 consiste en la elaboración del informe de resultados de la aplicación del sistema con el fin de validar la utilidad del sistema de información implementado.

En esta prueba participaron dos expertos en Interacción Humano-Computador con el grado de Magister en Informática de la PUCP y un experto en Interacción Humano-Computador con el título de Ingeniero en Informática de la PUCP. Los especialistas recibieron el protocolo de evaluación y las respectivas instrucciones y, en base a ello, procedieron a interactuar con los sitios web solicitados y evaluar el nivel de usabilidad de cada uno de ellos en base a las heurísticas de Nielsen (Nielsen, 1994).

A continuación, los expertos ingresaron las respuestas al sistema una vez culminó la evaluación de los tres sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico y se evidenciaron los resultados de la medición de usabilidad para cada uno de ellos. Se puede visualizar esta información en el Anexo N denominado “Respuestas efectuadas por los expertos en usabilidad en la evaluación del sistema de información”.

La Tabla 25 muestra los resultados obtenidos por cada uno de ellos, en términos del nivel de pertenencia al constructo de la usabilidad:

Tabla 25: Resultados del nivel de pertenencia a la usabilidad de cada uno de los sitios web de gobierno electrónico evaluados

Sitio web que brinda servicio de gobierno electrónico	Nivel de pertenencia obtenido
Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT)	60
Superintendencia Nacional de Migraciones (Migraciones)	72
Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP)	78

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se elaboró una encuesta de validación del software implementado tomando el nivel de utilidad como criterio principal para obtener la validación de los expertos. Las preguntas fueron respondidas utilizando una escala de Likert en el rango del 1 al 5, donde 1 significa “Muy en desacuerdo” y 5 significa “Muy de acuerdo”. En el Anexo O, denominado “Encuesta de validación del sistema de información”, se encuentra el detalle de la encuesta aplicada, así como también, las respuestas efectuadas por los evaluadores.

La Tabla 26 muestra los resultados obtenidos en base a las respuestas de los expertos los cuales indican una puntuación mínima de 3 y, además, que el promedio obtenido en las preguntas cerradas es superior al valor central 3, lo cual demuestra la utilidad del sistema de información implementado. Sin embargo, los especialistas indicaron que existirían algunas posibles mejoras al software pero que, en líneas generales, el sistema contribuye en un alto grado a cuantificar el nivel de usabilidad, que es útil, imprescindible y que facilitaría, en gran medida, la evaluación de sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico. De esta manera, se evidencia una opinión positiva en relación a la utilidad del sistema de información implementado para calcular el nivel de usabilidad de sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico.

Tabla 26: Resultados obtenidos en base a la encuesta de validación

Preguntas en la encuesta de validación	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, puedo cumplir con mis tareas más rápido.	4	5	4	4.3
Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, mejoro mi desempeño laboral.	3	4	4	3.7

Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, mejora mi productividad.	4	4	4	4
Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, mejora mi efectividad.	3	5	4	4
Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, facilito el cumplimiento de mis labores.	4	4	4	4
Encuentro útil a este software para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico.	4	5	4	4.3

Fuente: Elaboración Propia

7.3 Discusión

Con el fin de lograr la consecución del Objetivo Específico 4, se realizó la obtención de los Resultados Esperados 4.1, 4.2 y 4.4. A modo de resumen, se pueden mencionar los resultados alcanzados de cada uno de estos resultados esperados:

- Se realizó la definición de los criterios de selección de los sitios web que serán empleados como sujetos de prueba en el caso de estudio para validar los resultados del sistema.
- Se seleccionaron tres sitios web, pertenecientes al portal “gob.pe”, que cumplen con los criterios definidos.
- Se redactó el protocolo de revisión para efectuar la validación de los resultados del sistema, el cual será llevado a cabo por expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador.
- Se efectuó la validación del sistema de información mediante una encuesta anónima enviada a los expertos que participaron en la evaluación de los sitios web pertenecientes al caso de estudio propuesto.

Debido a los resultados alcanzados del presente objetivo específico, es posible iniciar el proceso de evaluación de los sitios web seleccionados y la validación de los resultados obtenidos por medio del sistema de información, el cual ya se encuentra programado para los siguientes días. Asimismo, también se cuenta con la aceptación de los expertos para su participación en esta evaluación.

Los resultados obtenidos a partir de la encuesta de validación proporcionada a los expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador muestran que el sistema de información implementado es útil para realizar la evaluación de portales web de gobierno electrónico y permite obtener resultados significativos para los evaluadores.

En base a los comentarios y sugerencias de los expertos que efectuarán la evaluación de los sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico, se obtendrá posibles opciones de mejora en términos de trabajos futuros relacionados con el presente proyecto de fin de carrera.



Capítulo 8. Conclusiones y trabajos futuros

En el presente capítulo final se presentarán las conclusiones alcanzadas en el desarrollo del presente proyecto de fin de carrera después de haber culminado con todos los objetivos específicos y de haber alcanzado todos los resultados esperados definidos. Finalmente, se proponen los trabajos futuros a desarrollar como parte de este proyecto.

8.1 Conclusiones

El objetivo general del presente proyecto es “Implementar un sistema de información para medir la usabilidad de portales web de gobierno electrónico mediante lógica difusa de manera que se establezcan propuestas de mejora”, con el cual se espera lograr solucionar los problemas causados en la sección 1.1 correspondiente a la Problemática, a través de la obtención de los cuatro objetivos específicos identificados.

A continuación, se presentan las conclusiones a las cuales se ha llegado al término del presente proyecto de fin de carrera:

- En relación a la selección y aplicación de un cuestionario de usabilidad para portales web orientados a servicios de gobierno electrónico, se efectuó la identificación de los cuestionarios de usabilidad presentes en los artículos relevantes obtenidos mediante la revisión de la literatura y, posteriormente, se realizaron entrevistas a expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador, quienes otorgaron su juicio experto sobre el nivel de aplicabilidad de cada uno de estos cuestionarios al dominio web del gobierno electrónico para, finalmente, ser seleccionado el cuestionario personalizado reportado en la investigación de Hub y Zatloukal (Hub & Zatloukal, 2010), el cual será utilizado como parte de un caso de estudio con el objetivo de efectuar las validaciones, con expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador, de los resultados del sistema de información a implementar.

- En relación al desarrollo de un módulo basado en lógica difusa para calcular el nivel de usabilidad de portales web que brindan servicios de gobierno electrónico, se empleó el algoritmo de lógica difusa reportado en el artículo de Lemos y Nunes (Lemos & Nunes, 2018) y se generó un pseudocódigo con el fin de implementar el módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación* utilizando el lenguaje de programación Python. Este módulo permitirá, al sistema de información, cuantificar el nivel de usabilidad del sitio web de gobierno electrónico mediante el cálculo del grado de pertenencia de cada uno de los subfactores de la usabilidad, empleando las respuestas efectuadas por los usuarios evaluadores del cuestionario de medición.
- En relación a la implementación de un sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico considerando todos los aspectos que son relevantes en este dominio de aplicación, se obtuvo la documentación relacionada a la arquitectura elegida del sistema, la cual es el Modelo de Vistas 4 +1 propuesto por Kruchten (Kruchten, 1995), en el que se presentan cinco vistas importantes enfocadas en distintos aspectos de hardware y software del sistema a implementar. De esta manera, se obtuvieron todos los artefactos y diagramas necesarios, modelados mediante el lenguaje UML, para iniciar la fase de implementación del software. Además, se describió el alcance y funcionalidades del sistema de información en un Documento de Visión y un Documento de Especificación de Requerimientos de Software, como parte de la fase de análisis y diseño. Asimismo, respecto a la implementación del software, se finalizó completamente el diseño de la base de datos, alojado en un servidor RDS de AWS, y el servidor de Back-End del sistema, implementado utilizando el framework Flask de Python, el cual proveerá los servicios relacionados a las principales funcionalidades del sistema, como, por ejemplo, el cálculo del nivel de usabilidad del portal web empleando el módulo de lógica difusa

desarrollado con antelación. Por otro lado, se implementó completamente la capa de presentación del software, denominado Front-End y desarrollado utilizando la librería React y, de esta forma, se pudo efectuar el proceso de integración total con el Back-End para acceder a todas las funcionalidades del sistema desde un entorno gráfico. Finalmente, se ejecutaron las pruebas funcionales finales del sistema y se realizó el despliegue de ambos servidores en instancias de máquinas virtuales EC2 presentes en la plataforma de *AWS Educate*.

- En relación a la validación del sistema implementado mediante un caso de estudio, se realizaron entrevistas con expertos en Usabilidad e Interacción Humano-Computador en las cuales se ingresó el cuestionario de medición de usabilidad aplicable al dominio web del gobierno electrónico, identificado en el Resultado Esperado 1.2, y se crearon los proyectos de medición. Posteriormente, los expertos ejecutaron la evaluación de usabilidad y respondieron las preguntas pertinentes en el software. Finalmente, pudieron apreciar el resultado obtenido por cada uno de estos portales web en términos del nivel de pertenencia al constructo de la usabilidad. Una vez se culminó con el proceso de evaluación, se hizo entrega de una encuesta de validación para identificar posibles opciones de mejora y sugerencias de nuevas funcionalidades, así como también, corroborar el grado de utilidad del sistema de información implementado obteniendo resultados muy positivos. De esta manera, se comprueba que el software implementado sí cumple con el objetivo general propuesto en este proyecto, es de utilidad para la comunidad científica y puede ser utilizado en la evaluación de usabilidad de sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico.

8.2 Trabajos Futuros

El objetivo general del presente proyecto de fin de carrera ha sido la implementación de un sistema de información para medir el nivel de usabilidad de sitios web que brindan servicios

de gobierno electrónico empleando lógica difusa. Por lo tanto, un trabajo futuro que se podría realizar asociado a este proyecto es la inclusión de portales web que brindan servicios de gobierno electrónico de otros países. De esta forma, el software implementado podría ser utilizado por la comunidad científica mundial.

Además, se podría realizar la evaluación de otros dominios web, por ejemplo, de comercio electrónico o de carácter no transaccionales. Esto se puede realizar ingresando diferentes cuestionarios de medición de usabilidad enfocados hacia los dominios web mencionados.

Por otro lado, se podría emplear pruebas con usuarios para ejecutar la evaluación de usabilidad y, de esta forma, comparar o incluso complementar los resultados con los obtenidos en este trabajo de investigación.

Finalmente, se propone el empleo de otras técnicas o algoritmos de la Inteligencia Artificial para la cuantificación del nivel de usabilidad tales como Redes Neuronales Artificiales o Aprendizaje de Máquina, con el objetivo de contrastar estos resultados con los obtenidos empleando la técnica propuesta en este proyecto de fin de carrera, lógica difusa.

Referencias

- Al-Mushayt, O. S. (2019). Automating E-Government Services With Artificial Intelligence. *IEEE Access*, 7, 146821–146829. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946204>
- Alfimtsev, A. N., & Sakulin, S. A. (2017). Data fusion based on the fuzzy integral: Model, methods and applications. In *Data Fusion: Methods, Applications and Research*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034744424&partnerID=40&md5=7f63032bc3db4d20cd879db099d298bf>
- Alfimtsev, A., Sakulin, S., & Levanov, A. (2016). Formalization of Expert Knowledge About the Usability of Web Pages Based on User Criteria Aggregation. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SOFTWARE INNOVATION*, 4(3), 38–50. <https://doi.org/10.4018/IJSI.2016070103>
- Alharbe, N. (2020). A fuzzy-delphi based decision-making process for measuring usable-security of web based smart hospital management system. *ICIC Express Letters*, 14(1), 15–21. <https://doi.org/10.24507/icicel.14.01.15>
- Alharbe, N. R. (2019). Improving usable-security of web based healthcare management system through Fuzzy AHP. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(8), 68–71. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100810>
- Aviz, I. L., Souza, K. E., Ribeiro, E., De Mello, H., & Seruffo, M. C. da R. (2019). Comparative study of user experience evaluation techniques based on mouse and gaze tracking. *Proceedings of the 25th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia 2019*, 53–56. <https://doi.org/10.1145/3323503.3360623>
- Amazon Web Services: AWS Educate. Recuperado de: <https://aws.amazon.com/es/education/awseducate/students/>
- Bakaev, M., Gaedke, M., Khvorostov, V., & Heil, S. (2016). Extending Kansei Engineering for requirements consideration in web interaction design. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9671, 513–518. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38791-8_39
- Bakaev, M., Khvorostov, V., Heil, S., & Gaedke, M. (2017). Evaluation of user-subjective web interface similarity with Kansei engineering-based ANN. *Proceedings - 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops, REW 2017*, 125–131. <https://doi.org/10.1109/REW.2017.13>
- Bakaev, M., Khvorostov, V., & Laricheva, T. (2017). Assessing Subjective Quality of Web Interaction with Neural Network as Context of Use Model. *Communications in Computer and Information Science*, 745, 185–195. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69784-0_16
- Banco Interamericano de Desarrollo (2018). *Internet para todos: disminuyendo la brecha digital en América Latina*. Recuperado de: <https://www.iadb.org/es/mejorandovidas/internet-para-todos-disminuyendo-la-brecha-digital-en-america-latina>
- Bedi, P., & Banati, H. (2005). Prioritizing web usability attributes using Intuitionistic fuzzy sets. *Proceedings of the 2005 International Conference on Software Engineering Research and Practice, SERP'05*, 2, 570–576. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-60749090289&partnerID=40&md5=736774dfe91201182f3495706f6114b8>
- Charonyktakis, P., Plakia, M., Tsamardinos, I., & Papadopouli, M. (2016). On user-centric modular QoE prediction for voip based on machine-learning algorithms. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 15(6), 1443–1456. <https://doi.org/10.1109/TMC.2015.2461216>
- Chaudhary, N., & Sangwan, O. P. (2015). Multi criteria based fuzzy model for website evaluation. *2015 International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2015*, 1798–1802. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960935303&partnerID=40&md5=d18c20e9b0f3643e2357031cddb6c05c>
- Chen, D. (2018). *Application of artificial intelligence technology in the visual communication design of shopping platform*. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028435846&doi=10.1007%2F978-3-319-60744-3_13&partnerID=40&md5=c1f52e7568a322f5c52c7aba594e1c06
- Chen, Du, Gao, M., Liu, A., Chen, M., Zhang, Z., & Feng, Y. (2019). A Recurrent Neural Network Based

- Approach for Web Service QoS Prediction. *2019 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data, ICAIBD 2019*, 350–357. <https://doi.org/10.1109/ICAIBD.2019.8837006>
- Chynał, P., Sobiecki, J., & Szymański, J. M. (2013). Remote usability evaluation using eye tracking enhanced with intelligent data analysis. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8012 LNCS(PART 1), 212–221. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39229-0_24
- Decreto de Urgencia N° 006-2020 (2020). Decreto de urgencia que crea el Sistema Nacional de Transformación Digital. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/395320-006-2020>
- Decreto de Urgencia N° 007-2020 (2020). Decreto de urgencia que aprueba el marco de confianza digital. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/395322-007-2020>
- Decreto Legislativo N° 1412 (2018). Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gobierno Digital. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/289706-1412>
- Decreto Supremo N° 123-2018-PCM (2018). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del sistema administrativo de modernización de la gestión pública. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/237034-123-2018-pcm>
- Delgado, M. J.; Paz, F. A. & Tupia, M. F. (2021). Sistemas de Lógica Difusa para la Evaluación de Usabilidad de Sitios Web de Gobierno Electrónico: Una Revisión Sistemática. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 2 (E41), pp. 141-154. Recuperado de: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85105427504&origin=resultslist&featureToggles=FEATURE_NEW_MAIN_SECTION:1,FEATURE_NEW_SOURCE_INFO:
- Duričković, T., & Kovacević, D. (2011). eGovernment in the context of developing countries. *2011 Proceedings of the 34th International Convention MIPRO*, 1370–1375.
- Gill, K. (2012). Chapter 2 - Usability of Public Web Sites. In E. Buie & D. Murray (Eds.), *Usability in Government Systems* (pp. 21–40). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391063-9.00034-1>
- Guo, F., Liu, W. L., Cao, Y., Liu, F. T., & Li, M. L. (2016). Optimization Design of a Webpage Based on Kansei Engineering. *HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS IN MANUFACTURING & SERVICE INDUSTRIES*, 26(1), 110–126. <https://doi.org/10.1002/hfm.20617>
- Harshan, R. K., Chen, X., & Shi, B. (2018). UNSCALE: Multi-criteria Usability Evaluation Framework for Library Websites in a Fuzzy Environment. *Proceedings of the 2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2018*, 859–863. <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2018.8465383>
- Hartson, R., & Pyla, P. (2019). Chapter 1 - What Are UX and UX Design? In R. Hartson & P. Pyla (Eds.), *The UX Book (Second Edition) (Second Edition, pp. 3–25)*. Morgan Kaufmann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805342-3.00001-1>
- Hub, M., & Zatloukal, M. (2010). Model of usability evaluation of web portals based on the fuzzy logic. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 7(4), 522–531. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77950927322&partnerID=40&md5=a9323f3515d4dea9d411d82f4d3156ce>
- Hub, M., & Zatloukal, M. (2009). Towards establishing a score of usability evaluation. *E a M: Ekonomie a Management*, 12(2), 156–169. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-67949122068&partnerID=40&md5=3dc8516333b190ab20bbe27deb404132>
- Instituto Científico de Gobierno Electrónico (2016): *Ranking Mundial e-Gobierno 2016*. Versión digital, recuperada el 21 de mayo de 2020 de: <https://e-gobiernos.org/ranking-mundial-e-gobierno/>
- ISO 9241-210 (2010): Ergonomics of Human-System Interactions - Part 210: Human-centred Design for Interactive Systems. International Organization for Standardization
- ISO 25000 (2019). ISO/IEC 25010. Recuperado de <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- Jankowski, J., Kazienko, P., Wątróbski, J., Lewandowska, A., Ziemia, P., & Ziolo, M. (2016). Fuzzy multi-

- objective modeling of effectiveness and user experience in online advertising. *Expert Systems with Applications*, 65, 315–331. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.08.049>
- Jankowski, J., Sałabun, W., & Wątrobski, J. (2017). Identification of a multi-criteria assessment model of relation between editorial and commercial content in web systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 506, 295–305. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43982-2_26
- Khan, K., & Sahai, A. (2011). A levy-flight neuro-biosonar algorithm for improving the design of eCommerce systems. *Journal of Artificial Intelligence*, 4(4), 220–232. <https://doi.org/10.3923/jai.2011.220.232>
- Kitchenham, B., & Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and Software Technology*, 55(12), 2049–2075. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010>
- Kumar, R., Irshad Khan, A., Abushark, Y. B., Alam, M. M., Agrawal, A., & Khan, R. A. (2020). An Integrated Approach of Fuzzy Logic, AHP and TOPSIS for Estimating Usable-Security of Web Applications. *IEEE Access*, 8, 50944–50957. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970245>
- Kruchten, P. (1995). The 4 + 1 View Model of Architecture. *IEEE Software*, 12 (6), 45–50. <https://doi.org/10.1109/52.469759>
- Lemos, B., & Nunes, I. L. (2018). A Fuzzy Usability Assessment Methodology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 592, 409–418. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60366-7_38
- Lestari, V. A., Aknuranda, I., & Ramdani, F. (2017). Usability evaluation of e-government using iso 9241 and fuzzy tsukamoto approach. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 9(2–8), 153–157. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032798956&partnerID=40&md5=2bc1d97a7bdfac55225d87912c6e20a4>
- Libakova, N. M. & Sertakova, E. A. (2015). The Method of Expert Interview as an Effective Research Procedure of Studying the Indigenous Peoples of the North. *Journal of Siberian Federal University*, (2015 8), 114–129. <http://dx.doi.org/10.17516%2F1997-1370-2015-8-1-114-129>
- Lindgren, I., Madsen, C. Ø., Hofmann, S., & Melin, U. (2019). Close encounters of the digital kind: A research agenda for the digitalization of public services. *Government Information Quarterly*, 36(3), 427–436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.03.002>
- Liu, F (2008) "Usability evaluation on websites," *2008 9th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design*, Kunming, 2008, pp. 141-144, doi: 10.1109/CAIDCD.2008.4730538.
- Liu, J., Cui, M., & Jia, L. (2018). Evaluation of user experience based 3D websites using gray correlation analysis and AHP. *ICNC-FSKD 2018 - 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 1306–1309. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2018.8687167>
- Liu, W., Huang, D., & Zhang, Y. (2010). *Research on fuzzy comprehensive evaluation of user experience*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79952745260&doi=10.1109%2FYCICT.2010.5713060&partnerID=40&md5=4c0f4da2341d8c04a9940c93e9d46403>
- Luo, X., Liu, J., Zhang, D., & Chang, X. (2016). A large-scale web QoS prediction scheme for the Industrial Internet of Things based on a kernel machine learning algorithm. *Computer Networks*, 101, 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2016.01.004>
- Masudin, I., & Saputro, T. E. (2016). Evaluation of B2C website based on the usability factors by using fuzzy AHP & hierarchical fuzzy TOPSIS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 114(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/114/1/012091>
- MathWorks: *Fuzzy Logic Toolbox*. Recuperado de: https://la.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html?s_tid=srchtitle
- McGlenn, K., Yuce, B., Wicaksono, H., Howell, S., & Rezgui, Y. (2017). Usability evaluation of a web-based tool for supporting holistic building energy management. *Automation in Construction*, 84, 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.033>
- Meyer, A. N. D., Giardina, T. D., Spitzmueller, C., Shahid, U., Scott, T. M. T., & Singh, H. (2020). Patient Perspectives on the Usefulness of an Artificial Intelligence-Assisted Symptom Checker: Cross-Sectional

- Survey Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(1), e14679. <https://doi.org/10.2196/14679>
- MySQL: *What is MySQL?* Recuperado de: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/what-is-mysql.html>
- Nagpal, R., Mehrotra, D., & Bhatia, P. K. (2016). Usability evaluation of website using combined weighted method: fuzzy AHP and entropy approach. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 7(4), 408–417. <https://doi.org/10.1007/s13198-016-0462-y>
- Nielsen, J. (1994). Heuristic Evaluation. In *Usability Inspection Methods* (pp. 25–62). John Wiley & Sons, Inc.
- Oztekin, A. (2011). A decision support system for usability evaluation of web-based information systems. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2110–2118. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.151>
- Oztekin, A., Delen, D., Turkyilmaz, A., & Zaim, S. (2013). A machine learning-based usability evaluation method for eLearning systems. *Decision Support Systems*, 56(1), 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.05.003>
- Pallets Projects: *Flask*. Recuperado de: <https://palletsprojects.com/p/flask/>
- Pandey, S., & Daniel, A. K. (2016). Fuzzy logic based cloud service trustworthiness model. *Proceedings of 2nd IEEE International Conference on Engineering and Technology, ICETECH 2016*, 73–78. <https://doi.org/10.1109/ICETECH.2016.7569215>
- Papatheocharous, E., Belk, M., Germanakos, P., & Samaras, G. (2014). Towards implicit user modeling based on artificial intelligence, cognitive styles and web interaction data. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 23(2). <https://doi.org/10.1142/S0218213014400090>
- Papatheocharous, E., Belk, M., Germanakos, P., & Samaras, G. (2013). Embracing cognitive factors and Fuzzy Logic in adaptive interactive systems. *Engineering Intelligent Systems*, 21(2–3), 161–178. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890512699&partnerID=40&md5=0afaba68832a0550fbb17fd421a9336e>
- M. Petticrew and H. Roberts (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>
- Petroni, B. C. A. (2007). The use of intelligent agents to improve a web interface interaction and its usability. *Proceedings of the 2007 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD*, 372–376. <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2007.4281464>
- Ramanayaka, K. H., Chen, X., & Shi, B. (2019). UNSCALE: A Fuzzy-based Multi-criteria Usability Evaluation Framework for Measuring and Evaluating Library Websites. *IETE Technical Review (Institution of Electronics and Telecommunication Engineers, India)*, 36(4), 412–431. <https://doi.org/10.1080/02564602.2018.1498032>
- Ramanayaka, K. H., Chen, X., & Shi, B. (2019a). Application of extent analysis FAHP to determine the relative weights of evaluation indices for library website usability acceptance model. *IET Software*, 13(1), 86–95. <https://doi.org/10.1049/iet-sen.2018.5185>
- React: *Página principal*. Recuperado de: <https://es.reactjs.org/>
- Real Academia Española: *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es>> 13 de mayo de 2020.
- Rim, R., Amin, M. M., Adel, M., & Mohamed, A. (2017). Evaluation method for an adaptive web interface: GOMS model. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 557, 116–124. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53480-0_12
- Sauro, J., Lewis J. R. (2012). *Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384968-7.00001-1>
- Sahi, G. (2018). Performance Evaluation of Artificial Neural Network for Usability Assessment of E-Commerce Websites. *2018 3rd International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2018*. <https://doi.org/10.1109/I2CT.2018.8529613>
- ScienceDirect – Black-Box Testing – an overview: *Black-Box Testing*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/black-box-testing>
- ScienceDirect – Iterative Development – an overview: *Iterative Development*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/iterative-development>

ScienceDirect – Pseudocode – an overview: *Pseudocode*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pseudocode>

Serdar Biçer, M., & Diri, B. (2016). Defect prediction for Cascading Style Sheets. *Applied Soft Computing Journal*, 49, 1078–1084. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.05.038>

Sicilia, M. A., & García, E. (2003). Modelling interacting web usability criteria through fuzzy measures. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2722, 182–185. https://doi.org/10.1007/3-540-45068-8_32

Singh, T., Malik, S., & Sarkar, D. (2017). E-commerce website quality assessment based on usability. *Proceeding - IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation, ICCCA 2016*, 101–105. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2016.7813698>

Soh, H., Sanner, S., White, M., & Jamieson, G. (2017). Deep sequential recommendation for personalized adaptive user interfaces. *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI*, 589–593. <https://doi.org/10.1145/3025171.3025207>

UML-Diagrams.org: *The Unified Modeling Language*. Recuperado de <https://www.uml-diagrams.org/>

Unión Internacional de la Telecomunicación (2009). *E-government implementation toolkit*. Ginebra: ITU. Versión digital, recuperada el 12 de mayo de 2020 de: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GOV.E_GOV-11-2010-PDF-E.pdf

Wahyuningrum, T., Azhari, & Suprpto. (2019). A comparison of extent analysis and fuzzy preference programming for evaluating B2C website usability. *Proceedings - 8th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, ICCSCE 2018*, 150–155. <https://doi.org/10.1109/ICCSCE.2018.8684999>

Zimmermann H.J. (2012). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Springer, USA. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0646-0>

Zheng, H., Feng, Y., & Tan, J. (2016). A fuzzy QoS-aware resource service selection considering design preference in cloud manufacturing system. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 84(1–4), 371–379. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8417-7>

Anexos

Anexo A: Plan de Proyecto

- **Justificación del Proyecto**

Como se ha visto en el Capítulo 1, relacionado a la problemática descrita en este proyecto, el principal problema identificado es la ausencia de medición de la usabilidad en aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico. Por consiguiente, se espera desarrollar un sistema de información que permita medir el nivel de usabilidad de sistemas web que brinden servicios de gobierno electrónico.

En primer lugar, la conveniencia de este proyecto está relacionada con la medición de la usabilidad en aplicaciones web que ofrezcan servicios de gobierno digital de forma que se puedan establecer propuestas de mejora destinadas a ofrecer productos más usables.

En consecuencia, a través del cumplimiento de los objetivos propuestos, se ofrecerán recomendaciones de mejora para incrementar el nivel de satisfacción y experiencia de interacción de la ciudadanía con los productos tecnológicos que brinda el Estado a través de sus entidades gubernamentales por medio de aplicaciones web.

Además, con la finalización de este proyecto, se logrará cumplir con la regulación que tienen las entidades públicas para desarrollar servicios digitales orientados al ciudadano, como se menciona en el Decreto Legislativo N° 1412 donde se establece que los servicios digitales deberán poseer características de diseño y configuración alineadas con un uso de fácil manejo para los ciudadanos y personas en general (D.L. N° 1412, 2018) y, de esta forma, contribuir en la modernización del Estado.

En consecuencia, en este proyecto se propone la utilización de la lógica difusa, que es una técnica de la inteligencia artificial, para ofrecer una solución a una problemática real. Por

lo tanto, este proyecto representa un caso de estudio que podría ser utilizado como base para futuros trabajos de investigación relacionados a las áreas de la Interacción Humano-Computador y de Gobierno Electrónico. En este sentido, este proyecto representaría una contribución de interés que podrá ser aplicado hacia escenarios o realidades diferentes, tales como las aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico en otros países.

Asimismo, se ofrecerá una herramienta de software que permita medir el nivel de usabilidad de aplicaciones web de gobierno electrónico. Por otro lado, se ofrece, a disposición de la academia, un módulo de lógica difusa, el cual será utilizado para obtener la cuantificación de usabilidad para que se contribuya en la construcción de sistemas web de gobierno electrónico que sean usables, eficientes y fáciles de aprender.

Por último, a través de esta propuesta, será posible cuantificar el nivel de usabilidad en las aplicaciones web de gobierno electrónico debido a que es un tema crítico que aún se encuentra pendiente, como se evidenció en la Revisión Sistemática.

- **Viabilidad**

La viabilidad del presente proyecto de fin de carrera se justifica en base a tres factores principales: factor técnico, factor económico y factor temporal.

- Viabilidad Técnica

Para la realización del presente proyecto, se cuenta con acceso a todas las herramientas, métodos y metodologías descritas en el Capítulo 1, Sección 1.4: Herramientas, Métodos y Metodologías. Asimismo, las herramientas mencionadas permiten un aprendizaje sencillo y rápido por lo que se afirma que no habrá dificultades relacionadas a los mismos. Por lo tanto, el proyecto es técnicamente viable.

- Viabilidad Económica

En el presente proyecto no se han identificado costos significativos. Sin embargo, en el caso del software MATLAB – que requiere una licencia comercial - se utilizará una licencia educativa proporcionada a los alumnos por la Pontificia Universidad Católica del Perú. De la misma manera, en base a lo anterior, se concluye que el proyecto es viable económicamente.

- Viabilidad Temporal

Se realizó el análisis de tiempos relacionado a las actividades a realizar durante el desarrollo del proyecto, el cual se ve reflejado en el Cronograma del Proyecto y, se concluye que, el proyecto es viable temporalmente debido a que es factible culminarlo en un plazo no mayor a 5 meses.

Debido a las razones expuestas anteriormente, se concluye que el presente proyecto es viable técnicamente, económicamente y temporalmente.

- **Alcance**

El presente proyecto de fin de carrera tendrá como objetivo principal implementar un sistema de información para medir la usabilidad de portales web de gobierno electrónico mediante lógica difusa de manera que se establezcan propuestas de mejora.

Para el primer resultado esperado, se realizará la selección de un cuestionario de usabilidad identificado en base a la revisión sistemática realizada y, posteriormente, se realizarán entrevistas con expertos para validar su adecuación para el dominio del gobierno electrónico.

Posteriormente, para el segundo resultado esperado, se realizará el desarrollo del módulo de lógica difusa que permitirá obtener el resultado cuantitativo producto de la aplicación del cuestionario seleccionado con anterioridad.

Luego, se continuará con la implementación del sistema de información, para lo cual se elaborará la documentación relacionada a la arquitectura del mismo y el desarrollo del sistema

web que permitirá la evaluación de usabilidad, utilizando el módulo de lógica difusa, en aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico, logrando el tercer resultado esperado.

Finalmente, se procederá a realizar la validación del sistema implementado identificando, en primer lugar, un número de entre 3 a 5 sitios web de gobierno electrónico seleccionados en base a criterios orientados a obtener una muestra representativa de casos de estudio que, en líneas generales, presenten deficiencias identificadas en su usabilidad y que brinden servicios de gobierno electrónico del tipo Gobierno – Ciudadanos (G2C) debido a que promueven la interacción entre el gobierno y la ciudadanía (Al-Mushayt, 2019). Adicionalmente, se tomará como referencia características propias de las aplicaciones web de gobierno electrónico del Perú, excluyendo sitios web que brinden servicios digitales de otros países. Luego, una vez que se obtengan los resultados de la medición realizada, se utilizará un protocolo de validación que permitirá que los expertos en Usabilidad, Interacción Humano-Computador y Gobierno Electrónico puedan otorgar su conformidad a los mismos concluyendo con los resultados esperados del proyecto y el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos.

- **Restricciones**

La principal restricción identificada en el desarrollo de este proyecto está relacionada con la coyuntura actual de nuestro país, y del mundo en general, producida por la pandemia ocasionada por el virus COVID-19. Debido al escenario actual, las actividades que requieran una interacción con expertos del área de Interacción Humano-Computador, así como también todo tipo de aplicación de cuestionarios, pruebas de usabilidad, entre otros, se realizarán de forma remota.

En la Tabla 27 se presenta la lista de expertos del área de Interacción Humano-Computador que colaborarán con el proyecto.

Tabla 27: Lista de expertos del área de Interacción Humano-Computador

Experto	Universidad	País
Mg. Arturo Moquillaza	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú
Dr. Jaime Díaz	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Chile
Mg. Fiorella Falconi	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se presenta la lista de expertos alternos del área de Interacción Humano-Computador que colaborarán con el proyecto ante cualquier falta de disponibilidad de los expertos originales, la cual se puede observar en la Tabla 28:

Tabla 28: Lista de expertos alternos del área de Interacción Humano-Computador

Experto	Universidad	País
Mg. Daniela Villanueva	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú
Dra. Angela Villareal	Universidad del Cauca	Colombia

Fuente: Elaboración propia

- **Identificación de los riesgos del proyecto**

A continuación, en la Tabla 29 se presentan los riesgos identificados para el presente proyecto, así como también, los síntomas que evidencian la ocurrencia del mismo, la probabilidad de ocurrencia, el nivel de impacto, la severidad y los planes de mitigación y contingencia:

Tabla 29: Lista de riesgos identificados en el presente proyecto

Descripción	Síntomas	P	I	S	Mitigación	Contingencia
Contagio y enfermedad del tesista producto del contagio del virus COVID-19.	El tesista presenta los síntomas que evidencian el contagio del virus COVID-19.	2	5	10	Cumplir con las medidas de seguridad para evitar contagios	Aislamiento y uso de medicamentos recetados para el

del virus COVID-19					tratamiento de la enfermedad
					Retiro del curso
El experto que se comprometió a contribuir en la validación o entrevista no cuenta con disponibilidad	El experto comunicada a la hora pactada para la entrevista.	3	4	12	Coordinar de manera anticipada la disponibilidad de los expertos para evitar ausencias en las entrevistas
					Reprogramación de la fecha de entrevista
					Consultar al experto alterno para su contribución en el proceso de validación
No se cuenta con acceso al portal "gob.pe" del estado "gob.pe"	El acceso al portal "gob.pe" se encuentra inhabilitado.	3	4	12	Revisar constantemente si el portal "gob.pe" se encuentra inhabilitado
					Analizar directamente un número determinado (2) de portales web que brinden servicios de gobierno electrónico que no se encuentren dentro de la plataforma "gob.pe"
					Establecer contacto directo con al menos dos entidades estatales que brinden servicios de gobierno electrónico
Los equipos de cómputo necesarios para el desarrollo del proyecto no funcionan	Los equipos de cómputo comienzan a presentar fallas.	2	4	8	Realizar un mantenimiento preventivo a los equipos de cómputo
					Solicitar un nuevo equipo de cómputo en calidad de préstamo
					Adquirir un nuevo equipo de cómputo

Falta de conectividad a internet en redes WiFi	Los equipos de cómputo a no logran conectarse a Internet	4	4	16	Adquisición de un plan de datos adicional	Activación del plan de datos adicional
					Solicitar módems ofrecidos por la PUCP	
Falta de entendimiento de los algoritmos de lógica difusa	Dificultad para desarrollar el pseudocódigo del algoritmo	3	5	15	Participación en un curso especializado en lógica difusa	Sesiones de asesoría relacionadas a lógica difusa otorgadas por el coasesor.
					Búsqueda de material confiable sobre algoritmos de lógica difusa	
No lograr obtener el 100% de los resultados esperados hasta la semana 10	Retraso en el avance estipulado en el Cronograma del Proyecto	3	5	15	Avance adicional según lo programado en el Cronograma del Proyecto.	Consultar con los asesores y profesores del curso para verificar y calificar el avance obtenido hasta el momento (mínimo un 80%)
					Consultar la reprogramación de los entregables antes de la semana 8.	

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- *P*: Probabilidad
- *I*: Impacto
- *S*: Severidad = $P \cdot I$

- Valor de la escala: 1 al 10. Donde 1 es un menor impacto y 10 es un mayor impacto.
- **Estructura de descomposición del trabajo (EDT)**

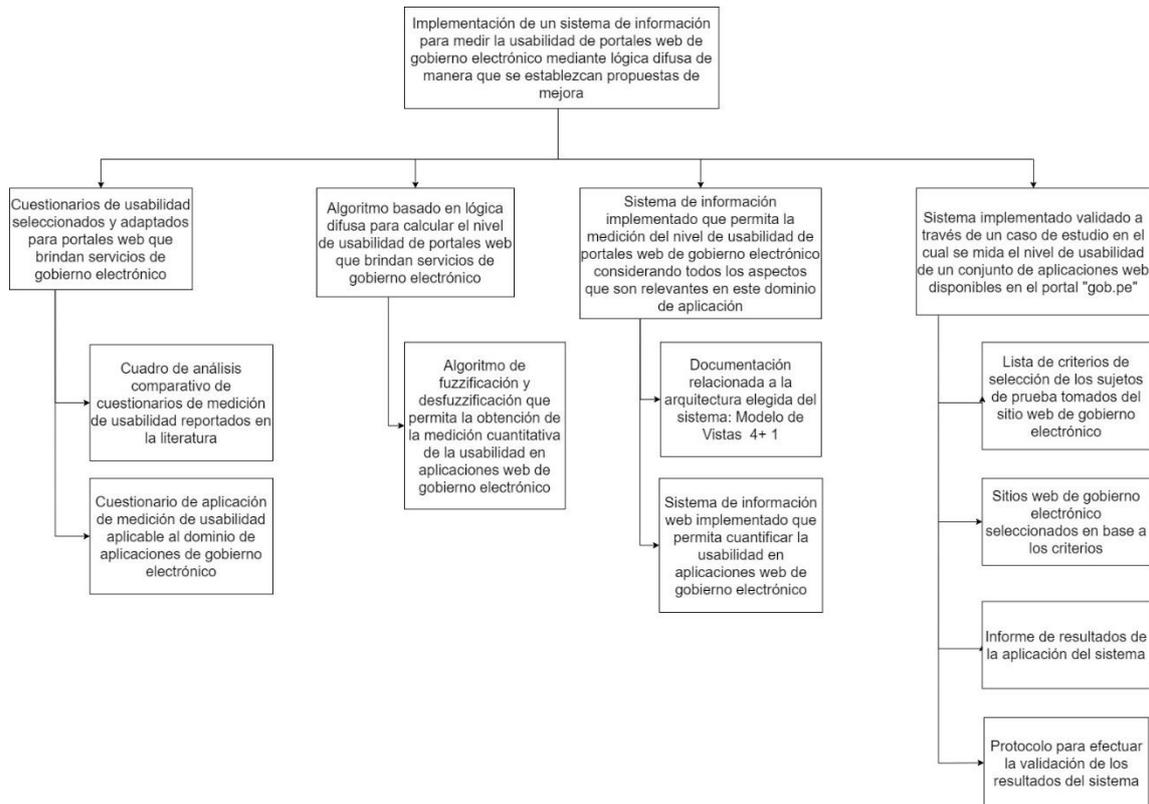


Figura 11: Estructura de Descomposición de Trabajo

Fuente: Elaboración Propia

- **Lista de Tareas**

Tabla 30: Lista de tareas del presente proyecto

Tarea	Duración estimada (días)	Personas involucradas	Esfuerzo	
			Asociado (horas- persona)	Costo estimado
Entregable 1				
Definición de Problemática	10	1	20	600
Reunión con asesores	1	3	2	60
Definición del Marco Conceptual, Teórico y Legal	4	1	80	240
Definición del Estado del Arte	15	1	30	900
Reunión con asesores	1	3	2	60
Revisión de profesor del curso	1	1	2	60
Entregable 2				
Definición de Objetivo General y Específicos	2	1	4	120
Definición de Resultados Esperados	3	3	6	180
Reunión con asesores	1	3	2	60
Revisión de profesor del curso	1	1	2	60
Entregable 3				
Definición de herramientas, métodos y procedimientos	3	1	3	90
Reunión con asesores	1	3	2	60
Revisión de profesor del curso	1	1	2	60
Entregable 4				
Definición de Plan de Proyecto	5	1	10	300

Reunión con asesores	1	3	2	60
Revisión de Jurados	1	1	2	60
Objetivo 1				
Identificación de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura	2	1	6	180
Reunión con asesores	1	3	2	60
Selección y adaptación del cuestionario de medición de usabilidad	1	1	2	60
Reunión con asesores	1	3	2	60
Validación del cuestionario seleccionado con expertos en usabilidad	1	4	4	120
Reunión con asesores	1	3	2	60
Objetivo 2				
Definición de las variables difusas y sus rangos	1	1	6	180
Reunión con asesores	1	3	2	60
Definición de funciones de <i>fuzzificación</i> y <i>desfuzzificación</i>	3	1	8	240
Reunión con asesores	1	3	2	60
Cálculo, validación y presentación de resultados	1	1	6	180
Reunión con asesores	1	3	2	60
Objetivo 3				
Iteración 1				
Revisión y planificación del backlog	1	1	1	30
Documento de casos de uso	1	1	4	120

Documento de arquitectura y base de datos	2	1	6	180
Preparación del ambiente de desarrollo: proyecto de desarrollo y repositorio de control de versiones	2	1	3	90
Reunión con asesores	1	3	2	60
Iteración 2				
Revisión y planificación del backlog	1	1	1	30
Implementación de la base de datos	2	1	6	180
Reunión con asesores	1	3	2	60
Implementación de módulo de <i>fuzzificación y desfuzzificación</i>	3	1	8	240
Ejecución de validaciones funcionales	1	1	2	60
Despliegue de los entornos cliente y servidor	1	1	4	120
Reunión con asesores	1	3	2	60
Iteración 3				
Revisión y planificación del backlog	1	1	1	30
Implementación de módulo de medición de la usabilidad	3	1	8	240
Ejecución de validaciones funcionales	1	1	2	60
Despliegue de los entornos cliente y servidor	1	1	2	60
Reunión con asesores	1	3	2	60
Iteración 4				

Revisión y planificación del backlog	1	1	1	30
Implementación de módulo de reportes del sistema	2	1	8	240
Reunión con asesores	1	3	2	60
Despliegue de los entornos cliente y servidor	1	1	2	60
Ejecución de pruebas de integración	1	1	2	60
Ejecución de validaciones finales	1	1	2	60
Reunión con asesores	1	3	2	60
Objetivo 4				
Definición de criterios de selección de los sitios web presentes en el portal “gob.pe”	1	1	6	180
Reunión con asesores	1	3	2	60
Selección de los sitios web de gobierno electrónico en base a los criterios definidos	1	1	6	180
Reunión con asesores	1	3	2	60
Elaboración de documento de resultados del sistema implementado	1	1	4	120
Reunión con asesores	1	3	2	60
Elaboración del documento con el protocolo de validación de los resultados del sistema	1	1	4	120
Validación de los resultados del sistema con expertos en usabilidad	2	4	8	240
Reunión con asesores	1	3	2	60
Revisión de Jurados	1	1	2	60

Fuente: Elaboración propia

Tomando en consideración que el costo por hora de esfuerzo del tesista es de 30 soles



- **Cronograma del proyecto**

Tabla 31: Cronograma del proyecto

Semana	Tarea
	<p>Objetivo Específico 1: Seleccionar y adaptar los cuestionarios de usabilidad para portales web orientados a servicios de gobierno electrónico.</p> <p>(R 1.1) Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura.</p>
1	<p>Identificación de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura</p> <p>Selección y adaptación del cuestionario de medición de usabilidad</p> <p>Reunión con asesores</p> <p>Redacción del documento de tesis</p> <p>Exposición 1 en sesión de clase</p> <p>Levantamiento de observaciones de la semana 1</p> <p>Objetivo Específico 1: Seleccionar y adaptar los cuestionarios de usabilidad para portales web orientados a servicios de gobierno electrónico.</p> <p>(R 1.2) Cuestionario de aplicación de medición de usabilidad aplicable al dominio de aplicaciones web de gobierno electrónico.</p> <p>Validación del cuestionario seleccionado con expertos en usabilidad</p>
2	<p>Reunión con asesores</p> <p>Objetivo Específico 2: Desarrollar un módulo basado en lógica difusa para calcular el nivel de usabilidad de los criterios de usabilidad de portales web.</p> <p>(R 2.1) Módulo de <i>fuzzificación</i> y <i>defuzzificación</i> que permita la obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.</p> <p>Definición de las variables difusas y sus rangos</p> <p>Definición de funciones de <i>fuzzificación</i> y <i>defuzzificación</i></p> <p>Reunión con asesores</p> <p>Redacción del documento de tesis</p>

Exposición 2 en sesión de clase

Levantamiento de observaciones de la semana 2

Objetivo Específico 2: Desarrollar un módulo basado en lógica difusa para calcular el nivel de usabilidad de los criterios de usabilidad de portales web.

(R 2.1) Módulo de *fuzzificación* y *defuzzificación* que permita la obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.

Implementación del módulo de *fuzzificación* y *defuzzificación*

Cálculo, validación y presentación de resultados

Iteración 1

Objetivo Específico 3: Implementar un sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico considerando todos los aspectos que son relevantes en este dominio de aplicación.

(R 3.1) Documentación relacionada a la arquitectura elegida del sistema: Modelo de Vistas de Arquitectura 4 + 1.

Revisión y planificación del backlog

Documento de casos de uso

Documento de arquitectura y base de datos

Preparación del ambiente de desarrollo: proyecto de desarrollo y repositorio de control de versiones

Reunión con asesores

Redacción del documento de tesis

Exposición 3 en semana de clases

Levantamiento de observaciones de la semana 3

Iteración 2

Objetivo Específico 3: Implementar un sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico considerando todos los aspectos que son relevantes en este dominio de aplicación.

(R 3.2) Sistema de información web implementado que permita cuantificar la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.

Revisión y planificación del backlog

Implementación de la base de datos

Ejecución de las pruebas funcionales

Despliegue de los entornos cliente y servidor

Reunión con asesores

Redacción del documento de tesis

Exposición en 4 semana de clases

Levantamiento de observaciones de la semana 4

Iteración 3

Objetivo Específico 3: Implementar un sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico considerando todos los aspectos que son relevantes en este dominio de aplicación.

5 (R 3.2) Sistema de información web implementado que permita cuantificar la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.

Revisión y planificación del backlog

Implementación del módulo de medición de usabilidad

Ejecución de validaciones funcionales

Despliegue de los entornos cliente y servidor

Reunión con asesores

Redacción del documento de tesis

6 Redacción del Entregable Parcial

Reunión con asesores

Exposición Parcial

7 Redacción del Entregable Parcial

Reunión con asesores

Exposición Parcial

8 Exposición 5 en semana de clases

Levantamiento de observaciones de Entregable Parcial

Iteración 4

Objetivo Específico 3: Implementar un sistema de información que permita la medición del nivel de usabilidad de portales web de gobierno electrónico considerando todos los aspectos que son relevantes en este dominio de aplicación.

(R 3.2) Sistema de información web implementado que permita cuantificar la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico.

Revisión y planificación del backlog

Implementación del módulo de reportes del sistema

Despliegue de los entornos cliente y servidor

Ejecución de pruebas de integración

Ejecución de validaciones funcionales

Reunión con asesores

Redacción del documento de tesis

Semana de exámenes parciales

Objetivo Específico 4: Validar el sistema implementado a través de un caso de estudio en el cual se mida el nivel de usabilidad de un conjunto de aplicaciones web disponibles en el portal "gob.pe".

(R 4.1) Lista de criterios de selección de los sujetos de prueba que pertenecen al portal web que engloba sistemas web de gobierno electrónico, "gob.pe".

Definición de criterios de selección de los sitios web presentes en el portal "gob.pe"

9

(R 4.2) Sitios web de gobierno electrónico, del tipo G2C (Gobierno-Ciudadanos) seleccionados en base a los criterios.

Selección de los sitios web de gobierno electrónico en base a los criterios definidos

Validación de los criterios de selección y los sitios web seleccionados con los expertos en Gobierno Electrónico

(R 4.3) Protocolo para efectuar la validación de los resultados del sistema.

Elaboración del documento con el protocolo de validación de los resultados del sistema

10

Exposición 6 en semana de clases

Levantamiento de observaciones de la semana 8

Objetivo Específico 4: Validar el sistema implementado a través de un caso de estudio en el cual se mida el nivel de usabilidad de un conjunto de aplicaciones web disponibles en el portal "gob.pe".

(R 4.4) Informe de resultados de la aplicación del sistema.

Elaboración del documento de resultados del sistema implementado

Validación de los resultados del sistema con expertos en Usabilidad e Interacción

Humano-Computador

Reunión con asesores

Redacción del Entregable Final

11 Presentación del Entregable Final

12 Revisión por parte del jurado

13
14 Levantamiento de observaciones del Entregable Final

15
16 Exposición Final

17

Fuente: Elaboración propia

- **Lista de recursos**

- **Personas involucradas y necesidades de capacitación**

Tabla 32: Personas involucradas y necesidades de capacitación en el presente proyecto

#	Persona Involucrada	Rol	Necesidad de Capacitación
			Capacitación en materia de usabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Estándares • Métodos • Metodologías • Herramientas
1	Manuel Delgado	Tesista	Capacitación en materia de lógica difusa <ul style="list-style-type: none"> • Algoritmos • Técnicas • Funciones Capacitación en materia de gobierno electrónico.
2	Freddy Paz	Asesor	Ninguna
3	Manuel Tupia	Asesor	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

- **Materiales requeridos para el proyecto**

No se ha identificado materiales necesarios para la realización del presente proyecto.

- **Estándares utilizados en el proyecto**

Tabla 33: Estándares o normas utilizados en el proyecto

#	Estándar o Norma	Importancia
---	------------------	-------------

1	Decreto Supremo N° 123-2018-PCM	Este Decreto Supremo tiene por objetivo aprobar el reglamento del Sistema Administrativo de Modernización de la Gestión Pública
---	---------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia

○ Equipamiento requerido

Tabla 34: Equipamiento requerido en el proyecto

#	Equipamiento	Cantidad	Importancia
1	<p>Computadora</p> <ul style="list-style-type: none"> CPU: Intel Core i7-8565U RAM: 12 GB DDR4 SSD: 512 GB nvme m.2 Tarjeta Gráfica: NVIDIA GeForce GTX 1050 (3 GB GDDR5) Sistema Operativo: Windows 10 Home Edition 	1	Para la implementación del sistema de información y el procesamiento de la información obtenida en cada resultado

Fuente: Elaboración propia

○ Herramientas requeridas

Tabla 35: Herramientas requeridas en el proyecto

#	Herramienta	Cantidad	Importancia
1	Software MATLAB – Fuzzy Logic Toolbox	1	Se utilizará esta herramienta para la verificación de los resultados relacionados al módulo de lógica difusa a implementar en el sistema.

2	Sistema de Administración de Bases de Datos MySQL	1	Se utilizará este motor de base de datos para el almacenamiento de la información relacionada al funcionamiento del sistema.
3	Servicio de hosting AWS Educate	1	Se utilizará este servicio de hosting para alojar los entornos cliente y servidor, así como también, la base de datos del sistema

Fuente: Elaboración propia

- **Costeo del Proyecto**

Tabla 36: Costos identificados en el proyecto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Monto	Monto	
				Unidad (S/.)	Parcial (S/.)	Total (S/.)	
0	Costo total del proyecto	---	---	---	---	7951.3	
						5	
1	Estudiantes o tesistas	---	---	---	---	7680.0	
						0	
1.1	Manuel Delgado	Horas	256	30			
2	Otros participantes (en caso aplique)	---	---	---	---	---	
2.1	Expertos involucrados en la evaluación de usabilidad	Horas	3	55		165.00	
4	Bienes y equipos	Unid1	Can	Unid2	Cant2		
			t1				
4.1	Computadoras	Equipo	1	Horas	256	50	17.78
4.2	Servicio de Internet	Horas	256	---	---	0.138	35.32
4.3	Servicio eléctrico	Horas	256	---	---	0.208	53.25

4.4	Servicio de Horas	256	---	---	0	---	0.00	
	hosting AWS Educate							
4.5	Licencia educativa de software	Licencia a	1	---	---	0	---	0.00
	MATLAB							

Fuente: Elaboración propia

Anexo B: Formulario de Extracción

El formato de extracción con todos los datos analizados de los estudios primarios se encuentra en el archivo Excel llamado “Formulario de Extracción.xlsx” que se encuentra adjunto al presente documento.

Enlace: <https://drive.google.com/open?id=1U8GjtYaUkyh6ptPMsMIoCwBYuTbWdISH>

Anexo C: Tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad reportados en la literatura

La tabla de doble entrada comparativa de cuestionarios de medición de usabilidad se encuentra en el archivo Excel llamado “Resultado Esperado 1.1.xlsx” en la pestaña “Tabla de doble entrada” que se encuentra adjunto al presente documento.

Enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1BLfrDgSgJudAJidvPPGGa6WanLbnrmbi?usp=sharing>

Anexo D: Matriz de trazabilidad de cuestionarios de usabilidad y artículos científicos

La matriz de trazabilidad que correlaciona los cuestionarios de usabilidad con los artículos científicos identificados como parte de la revisión sistemática se encuentra en el

archivo Excel llamado “Resultado Esperado 1.1.xlsx” en la pestaña “Matriz de trazabilidad” que se encuentra adjunto al presente documento.

Enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1BLfrDgSgJudAJidvPPGGa6WanLbnrmbi?usp=sharing>

Anexo E: Entrevistas de selección de cuestionario de usabilidad.

Las entrevistas con expertos en usabilidad para la selección del cuestionario de usabilidad se encuentran en la carpeta llamada “Entrevistas con Expertos” que se encuentra en el siguiente enlace a Google Drive.

Enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1FC3KwT7tBFacREcdHxQ0m1ZNIeW5PYpy?usp=sharing>

Anexo F: Conjunto de datos de prueba para efectuar las pruebas de caja negra del módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación*

*Tabla 37: Conjunto de datos utilizados para las pruebas del módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación**

Conjunto de Datos	Factores	Subfactores	Usuario 1	Usuario 2	Usuario 3
1	Eficiencia	1	PA	I	PD
		2	I	PD	PA
		3	I	I	PD
		4	I	PA	PA
	Efectividad	5	PA	I	I
		6	PA	I	PA
		7	PA	PD	I
		8	PA	PA	PA

		9	TD	TD	TD
	Satisfacción	10	I	I	I
		11	I	PD	PD
		12	I	PD	PD
		13	I	I	I
		14	I	I	I
2	Eficiencia	1	PA	TA	PD
		2	PD	PA	PA
		3	I	PA	PD
		4	PA	I	PA
	Efectividad	5	I	PA	I
		6	I	PA	PA
		7	PD	PA	I
		8	PA	PA	PA
		9	TA	PA	PA
	Satisfacción	10	PA	I	I
		11	I	PA	PA
		12	I	I	PA
		13	PA	PA	I
		14	I	I	I
3	Eficiencia	1	TA	TA	TA
		2	PA	PA	PA
		3	I	I	I
		4	PD	PD	PD
	Efectividad	5	TD	TD	TD
		6	TA	I	PD
		7	PA	PD	TD
		8	I	TA	PA
		9	PD	PA	I

		10	TD	I	TA
		11	TA	PD	PA
	Satisfacción	12	I	I	I
		13	PD	TA	PD
		14	TA	I	I
4	Eficiencia	1	I	I	TA
		2	TA	PD	PA
		3	PA	TD	I
		4	I	TA	PD
	Efectividad	5	PD	I	TD
		6	TD	TA	I
		7	I	I	PD
		8	PD	PD	TA
		9	TA	TD	PA
	Satisfacción	10	PA	PD	I
		11	I	PD	PA
		12	PD	TA	I
		13	TD	PA	TA
		14	TA	I	TA
5	Eficiencia	1	PD	PA	TA
		2	TD	I	I
		3	I	PD	PD
		4	PD	TD	PA
	Efectividad	5	TA	PD	I
		6	I	TD	I
		7	PD	I	PA
		8	PD	PD	PA
		9	TD	TA	PA
	Satisfacción	10	PD	I	I

		11	PD	PD	PA
		12	TA	I	I
		13	PA	PD	I
		14	I	I	PD
6	Eficiencia	1	TD	TA	TD
		2	TA	TD	PA
		3	PD	I	I
		4	I	PD	I
	Efectividad	5	TA	I	PD
		6	I	PD	TA
		7	PD	TA	PA
		8	TD	PA	I
		9	PD	I	I
	Satisfacción	10	TD	I	PD
		11	I	PD	TA
		12	PD	I	I
		13	TA	TA	TA
		14	I	I	PA
7	Eficiencia	1	PD	TA	I
		2	TD	I	PD
		3	PD	PD	TA
		4	TA	TD	PA
	Efectividad	5	PA	I	PD
		6	I	TA	TD
		7	PD	TD	PA
		8	TD	I	I
		9	TA	PD	I
	Satisfacción	10	PA	I	PD
		11	TA	PD	TA

		12	PA	TA	PA
		13	I	I	PD
		14	I	PD	TA
8	Eficiencia	1	PD	I	I
		2	TA	TA	TA
		3	TA	I	PA
		4	PA	PD	I
	Efectividad	5	I	I	I
		6	TD	TA	TA
		7	TA	TD	PA
		8	PD	I	PD
		9	I	PD	TA
	Satisfacción	10	TA	I	PD
		11	TD	I	I
		12	I	PD	TA
		13	PD	I	I
		14	T	TA	PD
9	Eficiencia	1	TD	I	TD
		2	TD	TA	PD
		3	PA	I	PD
		4	TA	PD	TA
	Efectividad	5	PA	TD	PA
		6	I	I	TD
		7	I	TA	PD
		8	TD	I	PD
		9	I	PD	TD
	Satisfacción	10	PD	TA	I
		11	I	TA	PD
		12	TA	TA	TD

		13	TD	I	I
		14	I	PD	I
10	Eficiencia	1	PD	PA	PA
		2	I	I	PD
		3	PD	I	I
		4	I	PA	PD
	Efectividad	5	I	PA	I
		6	TD	I	TA
		7	PD	PA	TD
		8	I	I	PA
		9	PD	I	PD
	Satisfacción	10	I	PD	TD
		11	TA	TD	I
		12	TD	PA	PD
		13	I	I	I
		14	PD	I	PD

Fuente: Elaboración propia

Anexo G: Repositorio del código fuente del módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación*

El código fuente del módulo de *fuzzificación* y *desfuzzificación* implementado y los resultados obtenidos pueden visualizarse en el enlace al siguiente repositorio de GitLab.

Enlace:

<https://gitlab.com/manubilo/tesis2-fuzzybility-modulo-de-logica-difusa>

Anexo H: Documento de Visión del software

El documento de Visión del software contiene una descripción del sistema a desarrollarse y de sus principales funcionalidades.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
Proyecto de Tesis 2



Fuzzybilly
Documento de Visión
Versión 2.0

ELABORADO POR: Manuel Delgado midelgado@pucp.edu.pe

Lima, 11 de agosto de 2020

Historial de Revisiones

Historial de revisiones				
Item	Fecha	Versión	Descripción	Responsable
1	11/08/2020	1.0	Versión Preliminar	Manuel Delgado
2	31/08/2020	2.0	Ajustes por observaciones de asesores	Manuel Delgado

1. Introducción

Este documento contendrá una descripción del alcance del sistema a desarrollarse, presentando breves descripciones sobre el posicionamiento objetivo del mismo, de la parte interesada y del usuario, la visión general del producto, de las características más importantes del producto, tanto funcionales como no funcionales y la priorización que tendrán estos. La estructura de este documento seguirá como lineamiento el modelo brindado por IBM para desarrollar la visión de un producto.

2. Posicionamiento y Problemática

La aplicación a desarrollarse tienen como principal objetivo obtener la medición cuantitativa de la usabilidad de aplicaciones web que brinden servicios de gobierno electrónico utilizando cuestionarios de usabilidad personalizables y un algoritmo basado en lógica difusa para la cuantificación de los resultados obtenidos en la medición.

3. Descripciones de la parte interesada y del usuario

El sistema contará con 3 tipos de usuarios, no exclusivos entre sí:

- Diseñador del cuestionario: Es el encargado de crear el proyecto y cuestionarios asociados a este. Además, define el sitio web que brinda servicios de gobierno electrónico sobre el cual se realizará la medición. Adicionalmente, también define los subatributos y preguntas de usabilidad para una adecuada medición de la usabilidad.
- Ejecutor del cuestionario: Es el encargado de efectuar la medición de la usabilidad e ingresar las respuestas obtenidas en el cuestionario presente en el sistema.
- Verificador de resultados: Es el encargado de comprobar y visualizar los resultados obtenidos en cada proyecto y cuestionario. Además, puede visualizar una comparación de medición de usabilidad de un proyecto utilizando diversos tipos de cuestionarios de usabilidad. Por otro lado, también cuenta con la posibilidad de generar reportes en formato pdf con la información más resaltante de la evaluación realizada.

4. Visión general del producto

Como se mencionó anteriormente, este producto será una herramienta informática desarrollada para efectuar la medición cuantitativa de la usabilidad de aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico en el Perú, atendiendo las siguientes necesidades:

- Configurar un cuestionario de usabilidad que permita medir de manera cuantitativa el nivel de usabilidad de las aplicaciones web de gobierno electrónico.

- Responder cuestionarios de usabilidad respecto a un determinado producto de software con el objetivo de cuantificar, a través de lógica difusa, el nivel de usabilidad de las aplicaciones en el dominio web mencionado.
- Finalmente, obtener un valor numérico, cuantificable y comparable de medición de usabilidad de una aplicación web que brinde servicios de gobierno electrónico.

5. Características del producto

1. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

- El sistema permitirá la gestión de un proyecto de medición de usabilidad sobre una aplicación web que brinde servicios de gobierno electrónico en el Perú.
- El sistema permitirá la gestión de uno o varios cuestionarios de usabilidad por proyecto de medición.
- El sistema permitirá, dentro de cada cuestionario, la gestión de subatributos y preguntas de usabilidad.
- El sistema permitirá almacenar y procesar las respuestas, en base a la escala de Likert con 5 grados de conformidad.
- El sistema contará con un algoritmo basado en lógica difusa que cuantificará la medición de la usabilidad.
- El sistema permitirá el ingreso de comentarios sobre los resultados obtenidos a través del sistema, así como también comentarios sobre posibles opciones de mejora del sitio web en términos de usabilidad y comentarios sobre la evaluación en general.
- El sistema emitirá reportes sobre los proyectos y los resultados obtenidos de cada cuestionario en relación a la medición cuantitativa de la usabilidad.
- El sistema permitirá la autenticación de los usuarios mediante nombre de usuario y contraseña para la administración de sus proyectos, cuestionarios y reportes.

2. Características Técnicas

- El sistema será desarrollado siguiendo un paradigma web.
- El sistema usará el framework React para el desarrollo del cliente web.
- El sistema usará servicios web desarrollados en el framework Flask del lenguaje de programación Python.
- El sistema usará MySQL como motor de base de datos.
- El sistema será desarrollado en un entorno Windows, versión 10, edición Home.

6. Priorización de los requerimientos

De los requerimientos definidos anteriormente, se les asignará una valoración a cada uno, siguiendo la estructura siguiente: 1. Baja, 2. Media, 3. Alta.

N°	Funcionalidad	Prioridad
----	---------------	-----------

1	Gestión de proyectos de medición de usabilidad	2
2	Gestión de cuestionarios de medición de usabilidad	3
3	Gestión de atributos, subatributos y preguntas de usabilidad	3
4	Gestión de respuestas de cuestionario	3
5	Obtención de la medición cuantitativa de la usabilidad utilizando un algoritmo basado en lógica difusa	3
6	Emisión de reportes sobre los resultados de medición de usabilidad de un proyecto	2
7	Autenticación de usuarios	1

7. Referencias

Documento de visión
IBM Knowledge Center

Fuente: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSWMEQ_4.0.6/com.ibm.rational.rmm.help.doc/topics/r_vision_doc.html

Anexo I: Documento de Especificación de Requerimientos de Software

El documento de especificación de requerimientos del software contiene una descripción a alto nivel del sistema a desarrollarse y de los requisitos para su implementación.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
Proyecto de Tesis 2



Fuzzybilly
Especificación de Requerimientos de Software (ERS)
Versión 2.0

ELABORADO POR: Manuel Delgado mjdelgado@pucp.pe

Lima, 12 de agosto de 2020

Historial de Revisiones

Historial de revisiones				
Item	Fecha	Versión	Descripción	Responsable
1	12/08/2020	1.0	Versión Preliminar	Manuel Delgado
2	31/08/2020	2.0	Ajustes por observaciones de asesores	Manuel Delgado

1. Introducción

Este documento es una Especificación de Requerimientos de Software (ERS) para el sistema de medición cuantitativa de la usabilidad de aplicaciones web que brindan servicios de gobierno electrónico en el Perú, Fuzzybility.

2. Descripción General

En esta sección se presenta una descripción a alto nivel del sistema. Se presentarán las principales funcionalidades que el sistema debe realizar, la información utilizada, las restricciones y otros factores que afecten al desarrollo del mismo.

2.1. Funciones del sistema

En términos generales, el sistema deberá poder satisfacer y dar soporte a las siguientes tareas:

- Diseñar y responder cuestionarios de usabilidad destinados a obtener una medición del nivel de usabilidad de las aplicaciones web mencionadas.
- Obtener un valor numérico, cuantificable y comparable de medición de usabilidad de una aplicación web que brinde servicios de gobierno electrónico.

3. Requisitos específicos

3.1. Requisitos funcionales

3.1.1. Gestión de un proyecto de medición de usabilidad

(Req 01) El sistema permitirá la creación, actualización y eliminación (cambio de estado) de un proyecto de medición de usabilidad

(Req 02) El sistema permitirá ingresar el título del proyecto y el nombre, URL e información general del sitio web sobre el cual se busca realizar la medición de usabilidad. Además, también permitirá ingresar la justificación de elección de este sitio web.

(Req 03) El sistema permitirá elegir la escala de Likert deseada para responder los cuestionarios asociados al proyecto teniendo como opciones las escalas de 3, 5 y 7 opciones.

(Req 04) El sistema permitirá añadir a los usuarios, con sus respectivos roles, asociados al proyecto ya sea para su diseño, ejecución o revisión.

(Req 05) El sistema permitirá elegir los cuestionarios deseados para efectuar la medición de usabilidad del sitio web.

(Req 06) El sistema permitirá que los usuarios puedan observar el título del proyecto, el nombre del sitio web, la fecha de creación y el estado de los proyectos donde es participante.

(Req 07) Los proyectos tendrán un color diferenciador dependiendo del estado de finalización en el que se encuentren. Siendo el amarillo para los proyectos sin terminar y el verde para los proyectos terminados.

3.1.2. Gestión de un cuestionario de medición de usabilidad

(Req 08) El sistema permitirá la creación, actualización y eliminación (cambio de estado) de un cuestionario de medición de usabilidad

(Req 09) El sistema permitirá ingresar el título del cuestionario y los subatributos de usabilidad que considera necesarios para la evaluación.

(Req 10) El sistema permitirá ingresar, dentro de cada subatributo de usabilidad, las preguntas que considera necesarias, especificando, además, el tipo de declaración (positiva o negativa) de la pregunta.

(Req 11) El sistema permitirá que los usuarios puedan observar el título del cuestionario, el estado de finalización, la fecha de creación, la fecha de evaluación y la calificación obtenida, en caso la hubiera.

(Req 12) Los cuestionarios tendrán un color diferenciador dependiendo del estado de finalización en el que se encuentren. Siendo el amarillo para los cuestionarios que aún no han sido evaluados y el verde para los cuestionarios evaluados.

(Req 13) El sistema permitirá que los usuarios respondan los cuestionarios seleccionando la opción elegida dentro de la escala de Likert por cada pregunta.

(Req 14) El sistema permitirá almacenar las respuestas de cada cuestionario para su posterior procesamiento.

(Req 15) El sistema permitirá ingresar tres comentarios relacionados a la evaluación: el primero sobre los resultados obtenidos, el segundo sobre oportunidades de mejora del sitio web y el tercero para comentarios generales.

(Req 16) El sistema permitirá visualizar los comentarios una vez se hayan ingresado al sistema.

3.1.3. Cuantificación de la medición de la usabilidad utilizando un algoritmo de lógica difusa

(Req 17) El sistema utilizará un algoritmo de lógica difusa para procesar las respuestas de cada cuestionario.

(Req 18) El sistema mostrará el resultado de la evaluación de usabilidad luego que el usuario termine de responder todos los items del cuestionario

3.1.4. Emisión de reportes sobre los resultados obtenidos en la medición de la usabilidad

(Req 19) El sistema permitirá la visualización de reportes sobre los resultados de medición de usabilidad de cada cuestionario.

(Req 20) El sistema mostrará los proyectos en donde el usuario tenga el rol de revisor

(Req 21) El sistema mostrará, por cada proyecto, una comparativa entre los resultados obtenidos por cada cuestionario utilizado mediante un gráfico de barras

(Req 22) El sistema mostrará, por cada cuestionario, un resumen de las respuestas efectuadas por los ejecutores del cuestionario.

(Req 23) El sistema mostrará la correlación entre las respuestas efectuadas mediante un diagrama de correlación.

3.1.5. Autenticación de usuarios mediante credenciales como usuario y contraseña

(Req 24) El sistema permitirá la autenticación de los usuarios mediante un nombre de usuario y contraseña

(Req 25) El sistema permitirá a los usuarios autenticados la posibilidad de ver sus proyectos, cuestionarios y reportes asignados, según el rol que le corresponda.

3.1.6. Información general

(Req 26) El landing page del sistema deberá mostrar el nombre del sistema, el curso para el cual se está realizando y los nombres del tesista y asesores.

(Req 27) El sistema contará con una sección donde se informará la motivación para la realización del sistema y una guía rápida de su funcionamiento general.

(Req 28) El sistema contará con una sección de preguntas frecuentes donde deberán ser absueltas la gran mayoría de consultas o dudas que puedan tener los usuarios.

3.2. Requisitos no funcionales

3.2.1. El sistema será desarrollado siguiendo un paradigma web.

3.2.2. El sistema utilizará el framework React para el desarrollo del cliente web.

3.2.3. El sistema utilizará servicios web desarrollados en el framework Flask del lenguaje de programación Python.

3.2.4. El sistema utilizará MySQL como motor de base de datos

3.2.5. El sistema será desarrollado en un entorno Windows, versión 10, edición Home

3.2.6. La base de datos será alojada en un repositorio RDS que pertenece a la familia de Amazon Web Services (AWS)

3.2.7. Los datos de autenticación de los usuarios deberán ser cifrados

3.2.8. El sistema deberá contar con un alto grado de usabilidad, siendo necesario no más de 3 clicks para acceder a todas las funciones posibles

3.2.9. El sistema deberá tener la capacidad de ser usado simultáneamente por 100 usuarios.

Anexo J: Documento de Especificación de Casos de Uso del sistema

El documento de especificación de casos de uso del sistema permite identificar el proceso seguido por los usuarios en base a las principales funcionalidades del sistema, elaborado como parte del Resultado Esperado 3.1.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
Proyecto de Tesis 2



Fuzzybility

Especificación de Casos de Uso
Versión 1.0

ELABORADO POR:

Manuel Delgado

mjdelgado@pucp.edu.pe

Lima, 13 de setiembre de 2020

Historial de Revisiones

Historial de revisiones			
Fecha	Versión	Descripción	Responsable
13/09/2020	1.0	Versión Preliminar	Manuel Delgado

ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USOS

1. Caso de uso: Login de usuario

Actores: Diseñador, Ejecutor y Revisor

Descripción: El propósito del caso de uso es el ingreso de un usuario al sistema con su rol correspondiente.

Precondición: El usuario debe estar registrado en el sistema.

Postcondición: El sistema permitirá el acceso, siempre y cuando se hayan identificado correctamente.

Flujo básico:

1. El caso de uso se inicia cuando se selecciona "Iniciar sesión".
2. El sistema solicita nombre de usuario y contraseña.
3. El usuario ingresa los valores correspondientes y selecciona "Aceptar".
4. El sistema muestra el inicio del sistema y el caso de uso finaliza.

Flujo Excepcional:

Este flujo excepcional luego del paso 3 del flujo básico.

1. El usuario ingresa un usuario o contraseña incorrecta.
2. El sistema notifica al usuario el ingreso de datos inválidos.

2. Caso de uso: Registro de usuario

Actores: Diseñador, Ejecutor y Revisor.

Descripción: El propósito del caso de uso es el registro de la cuenta de usuario.

Precondición: El usuario no está registrado en el sistema.

Postcondición: La cuenta fue creada de manera exitosa.

Flujo básico:

1. El caso de uso empieza cuando el usuario selecciona Registro.
2. El sistema muestra un formulario para poder registrar al nuevo usuario con los siguientes campos: nombre de usuario, contraseña, nombres, apellidos, email, fecha de nacimiento, sexo, nivel de educación y ocupación.
3. El usuario ingresa los valores correspondientes al nuevo usuario y selecciona "Aceptar".
4. El sistema guarda la información ingresada y el caso de uso finaliza.

3. Caso de uso: Crear cuestionario de usabilidad

Actores: Diseñador.

Descripción: El propósito del caso de uso es la creación de un cuestionario de usabilidad para ser aplicado en uno o varios proyectos de medición.

Precondición: Ninguna.

Postcondición: El cuestionario de usabilidad fue creado de manera satisfactoria.

Flujo básico:

1. El caso de uso empieza cuando el usuario selecciona "Cuestionarios".
2. El usuario selecciona "Crear nuevo cuestionario".
3. El sistema muestra un formulario para poder registrar el nuevo cuestionario con los siguientes campos: nombre, escala de Likert, nombre de los subatributos de usabilidad y las respectivas preguntas por cada uno.
4. El usuario ingresa los valores correspondientes y selecciona "Aceptar".

5. El sistema guarda la información ingresada, muestra un mensaje de confirmación y el caso de uso finaliza.

4. Caso de uso: Crear proyecto de medición

Actores: Diseñador.

Descripción: El propósito del caso de uso es la creación de un proyecto de medición de usabilidad de un sitio web utilizando un cuestionario previamente creado.

Precondición: El cuestionario de usabilidad tiene que haber sido creado previamente.

Postcondición: El usuario creador del proyecto obtiene el rol de Diseñador del proyecto. El proyecto de medición de usabilidad fue creado de manera satisfactoria.

Flujo básico:

1. El caso de uso empieza cuando el usuario selecciona "Proyectos".
2. El usuario selecciona Crear nuevo proyecto
3. El sistema muestra un formulario para poder registrar el nuevo proyecto de medición con los siguientes campos: título, nombre del sitio web, URL del sitio web, descripción del sitio web, justificación de la elección del sitio web, la lista de usuarios participantes y sus respectivos roles (Ejecutor o Revisor) y la lista de cuestionarios, los cuales el usuario ha creado, seleccionados para efectuar la medición.
4. El usuario ingresa los valores correspondientes y selecciona "Aceptar".
5. El sistema guarda la información ingresada, muestra un mensaje de confirmación y el caso de uso finaliza.

5. Caso de Uso: Responder cuestionario de usabilidad

Actores: Ejecutor.

Descripción: El propósito del caso de uso es responder un cuestionario de usabilidad asociado a un determinado proyecto de medición

Precondición: El usuario cuenta con el rol de "Ejecutor" asociado al proyecto de medición.

Postcondición: El cuestionario de usabilidad es respondido de forma satisfactoria

Flujo básico:

1. El caso de uso empieza cuando el usuario selecciona Proyectos.
2. El sistema muestra todos los proyectos asociados al usuario, independientemente si cuenta con el rol de diseñador, ejecutor o revisor en los mismos.
3. El usuario selecciona un proyecto de medición en el que tenga el rol de Ejecutor y que tenga el estado incompleto.
4. El sistema muestra todos los cuestionarios asociados al proyecto
5. El usuario selecciona algún cuestionario que no haya respondido. Esto es, que tenga el estado incompleto.
6. El sistema muestra un formulario con los siguientes datos: nombre del cuestionario y la lista de subatributos y preguntas asociadas a cada uno.
7. El usuario responde cada pregunta marcando la opción deseada y seleccionad "Aceptar"
8. El sistema guarda y procesa la información ingresada.
9. El sistema muestra el resultado de la medición de usabilidad realizada al responder el cuestionario y el caso de uso finaliza

6. Caso de uso: Responder comentarios**Actores:** Diseñador, Ejecutor, Revisor**Descripción:** El propósito del caso de uso es responder comentarios sobre el resultado de una evaluación de usabilidad**Precondición:** El cuestionario de usabilidad ha sido respondido por al menos un usuario ejecutor**Postcondición:** Los comentarios del resultado de la evaluación de usabilidad son respondidos de forma satisfactoria.**Flujo básico:**

1. El caso de uso empieza cuando el usuario selecciona Proyectos.
2. El sistema muestra todos los proyectos asociados al usuario, independientemente si cuenta con el rol de diseñador, ejecutor o revisor en los mismos.
3. El usuario selecciona un proyecto de medición en el que tenga el rol de Ejecutor y que tenga el estado incompleto.
4. El sistema muestra todos los cuestionarios asociados al proyecto
5. El usuario selecciona algún cuestionario que se haya respondido. Esto es, que tenga el estado completo.
6. El sistema muestra el resultado de la evaluación de usabilidad, así como también, los tres comentarios relacionados al puntaje obtenido, oportunidades de mejora y comentarios en general.
7. El usuario responde uno o más comentarios y selecciona "Aceptar".
8. El sistema guarda la información ingresada, muestra un mensaje de confirmación y el caso de uso finaliza.

7. Caso de uso: Visualizar reportes del sistema**Actores:** Revisor**Descripción:** El propósito del caso de uso es visualizar los reportes que contengan información importante de los proyectos de medición del sistema.**Precondición:** El usuario debe tener el rol de revisor asociado al proyecto seleccionado. Todos los cuestionarios de medición asociados al proyecto deben haber sido completados.**Postcondición:** El usuario obtiene y visualiza los reportes asociados al proyecto seleccionado.**Flujo básico:**

1. El caso de uso empieza cuando el usuario selecciona Reportes.
2. El sistema muestra todos los proyectos en los cuales el usuario tenga asociado el rol de revisor.
3. El usuario selecciona un proyecto de medición.
4. El sistema muestra un gráfico de barras con los resultados de cada cuestionario por usuario ejecutor. Adicionalmente, el sistema muestra las respuestas de cada cuestionario por cada usuario ejecutor para una verificación más detallada. Finalmente, el sistema muestra un gráfico de correlación entre las respuestas efectuadas por los usuarios ejecutores en cada uno de los cuestionarios.
5. El usuario selecciona la opción de Descarga del reporte, si así lo desea.
6. El caso de uso finaliza.

Anexo K: Repositorio del código fuente del servidor de Back-End

El código fuente del servidor de Back-End, que contiene los servicios web implementados como parte del sistema de información, puede visualizarse en el enlace al siguiente repositorio de GitLab o en la carpeta compartida en Google Drive.

Enlace GitLab: <https://gitlab.com/manubilo/tesis2-fuzzybility-backend>

Enlace Google Drive:

<https://drive.google.com/drive/folders/1xDPSih0RITXgiTwDURVD4zSCHuAvnY4z?usp=sharing>

Anexo L: Diccionario de datos de la base de datos del sistema de información

El diccionario de datos es generado a partir de la base de datos del sistema de información.

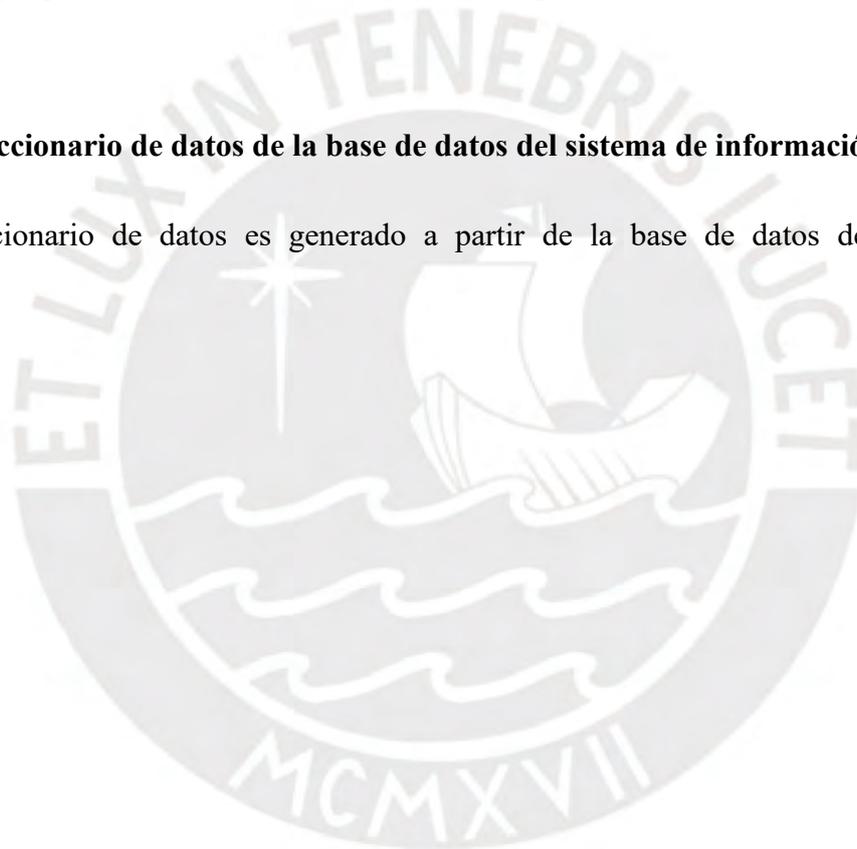


TABLA: T_PROJECT			
Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
id_project	int		Llave primaria de la tabla T_PROJECT
status	varchar	50	Estado del proyecto (Completo o Incompleto)
website_description	varchar	500	Descripción del sitio web a ser evaluado
website_url	varchar	100	URL del sitio web a ser evaluado
creation_date	datetime		Fecha de creación del proyecto
website_justification	varchar	500	Justificación de elección del sitio web a ser evaluado
website_name	varchar	100	Nombre del sitio web a ser evaluado
title	varchar	100	Título del proyecto al que se hace referencia
TABLA: T_Q_X_SUBATT_X_QUESTIONNAIRE_X_USER_X_PROJECT			
Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
id_subattribute_x_questionnaire_x_user_x_project	int		Llave foránea de la tabla T_SUBATTRIBUTE_X_QUESTIONNAIRE_X_USER_X_PROJECT
id_question	int		Llave foránea de la tabla T_QUESTION
answer	int		Respuesta de una pregunta de usabilidad
id_question_x_subattribute_x_questionnaire_x_user_x_project	int		Llave primaria de la tabla T_Q_X_SUBATT_X_QUESTIONNAIRE_X_USER_X_PROJECT
TABLA: T_QUESTION			
Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
description	varchar	200	Oración que especifica la pregunta
id_question	int		Llave primaria de la tabla T_QUESTION
statement_type	tinyint	1	Tipo de declaración de la pregunta (Positiva 1 o Negativa 0)
TABLA: T_QUESTIONNAIRE			
Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
name	varchar	50	Nombre del cuestionario de usabilidad
creation_date	datetime		Fecha de creación del cuestionario de usabilidad
id_questionnaire	int		Llave primaria de la tabla T_QUESTIONNAIRE
likert_number	int		Escala de Likert utilizada en el cuestionario de usabilidad
TABLA: T_ROLE			
Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
description	varchar	200	Descripción del rol
id_role	int		Llave primaria de la tabla T_ROLE
name	varchar	50	Nombre del rol



TABLA: T_ROLE_X_USER_X_PROJECT

Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
id_role	int		Llave foránea de la tabla T_ROLE
id_role_x_user_x_project	int		Llave primaria de la tabla T_ROLE_X_USER_X_PROJECT
id_user	int		Llave foránea de la tabla T_USER
id_project	int		Llave foránea de la tabla T_PROJECT

TABLA: T_SUBATTRIBUTE

Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
name	varchar	150	Nombre del subatributo de la usabilidad
id_subattribute	int		Llave primaria de la tabla T_SUBATTRIBUTE

TABLA: T_SUBATTRIBUTE_X_QUESTIONNAIRE_X_USER_X_PROJECT

Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
id_subattribute	int		Llave foránea de la tabla T_SUBATTRIBUTE
id_subattribute_x_questionnaire_x_user_x_project	int		Llave primaria de la tabla T_SUBATTRIBUTE
id_user_x_questionnaire_x_project	int		Llave foránea de la tabla T_USER_X_QUESTIONNAIRE_X_PROJECT

TABLA: T_USER

Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
active_status	tinyint		1 Indica si el usuario se encuentra Activo (1) o Inactivo (0)
occupation	varchar	100	Ocupación del usuario (Estudiante, Profesional en TI, Profesional en Usabilidad)
last_name	varchar	170	Apellidos del usuario
id_user	int		Llave primaria de la tabla T_USER
username	varchar	100	Nombre de usuario del usuario
password	varchar	100	Contraseña del usuario
sex	varchar	100	Sexo del usuario (Masculino, Femenino u Otro)
creation_date	datetime		Fecha de creación del usuario
email	varchar	100	Correo electrónico del usuario
first_name	varchar	120	Nombres del usuario
birth_date	datetime		Fecha de nacimiento del usuario
highest_education	varchar	100	Nivel de educación del usuario (Estudiante, Bachillerato, Titulación, Maestría, Doctorado)

TABLA: T_USER_X_QUESTIONNAIRE_X_PROJECT

Nombre del Campo	Tipo de Dato	Longitud	Descripción
evaluation_date	datetime		Fecha de evaluación del cuestionario de usabilidad
fig_questionnaire_completed	int		Indica si el cuestionario fue respondido por un usuario asociado al cuestionario y al proyecto



general_comment	varchar	500	Comentario sobre el proceso de evaluación en general
id_questionnaire	int		Llave foránea de la tabla T_QUESTIONNAIRE
improvement_comment	varchar	500	Comentario sobre posibles mejoras al sitio web evaluado
id_user_x_questionnaire_x_project	int		Llave primaria de la tabla T_USER_X_QUESTIONNAIRE_X_PROJECT
score	int		Puntaje de la usabilidad obtenido por el sitio web evaluado
score_comment	varchar	500	Comentario sobre el puntaje de usabilidad obtenido por el sitio web evaluado
id_user	int		Llave foránea de la tabla T_USER
status	varchar	50	Estado del proyecto de usabilidad (Completo o Incompleto)
id_project	int		Llave foránea de la tabla T_PROJECT

Anexo M: Repositorio del código fuente del servidor de Front-End

El código fuente del servidor de Front-End, implementado como parte del sistema de información, puede visualizarse en el enlace al siguiente repositorio de GitLab o en la carpeta compartida en Google Drive.

Enlace GitLab: <https://gitlab.com/manubilo/tesis2-fuzzybility-frontend>

Enlace Google Drive:

https://drive.google.com/drive/folders/1xDPSih0RITXgiTwDURVD4zSCHuAvnY4z?usp=s_haring

Anexo N: Respuestas efectuadas por los expertos en usabilidad en la evaluación del sistema de información

Las siguientes respuestas fueron efectuadas por los expertos durante la evaluación de usabilidad de los sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico.

Sitio Web de la SUNAT

Pregunta de usabilidad	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Capacidad de aprendizaje			
Considero que el contenido del sitio web es fácil de leer y visualizar.	4	4	4
Considero que la información es instantáneamente comprensible.	3	4	3
La navegación de este sitio web es simple y fácil de comprender.	4	4	3
Eficiencia			
Es simple y rápido encontrar algún tipo de información en el sitio web.	3	4	4
La información encontrada en este sitio web es reciente.	4	5	5
Los elementos del sitio web son cargados rápidamente.	5	5	4
Capacidad de memoria			
Conozco mi ubicación actual en el sitio web	3	1	2
Satisfacción			
El diseño gráfico del sitio web cumple con mis expectativas.	4	3	3
Estoy satisfecho por la cantidad de gráficos que se muestran en el sitio web.	5	4	3

Sitio Web de Migraciones

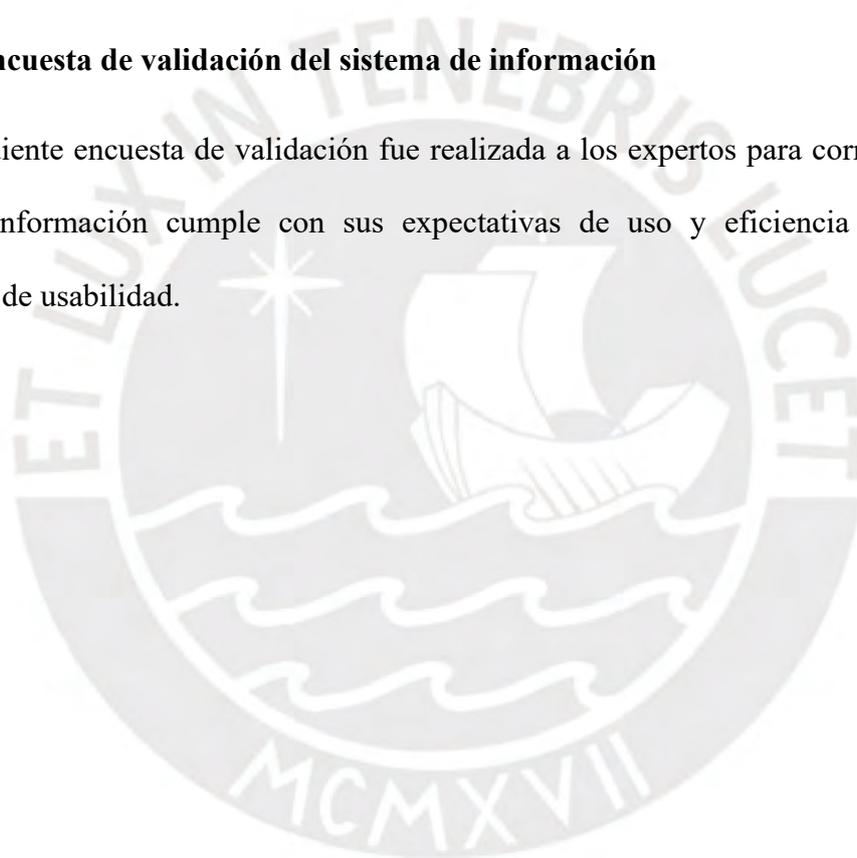
	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Capacidad de aprendizaje			
Considero que el contenido del sitio web es fácil de leer y visualizar.	5	4	4
Considero que la información es instantáneamente comprensible.	5	4	4
La navegación de este sitio web es simple y fácil de comprender.	4	4	3
Eficiencia			
Es simple y rápido encontrar algún tipo de información en el sitio web.	4	4	4
La información encontrada en este sitio web es reciente.	4	5	4
Los elementos del sitio web son cargados rápidamente.	5	1	2
Capacidad de memoria			
Conozco mi ubicación actual en el sitio web	3	2	3
Satisfacción			
El diseño gráfico del sitio web cumple con mis expectativas.	5	4	3
Estoy satisfecho por la cantidad de gráficos que se muestran en el sitio web.	4	4	4

Sitio Web de la SUNARP

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Capacidad de aprendizaje			
Considero que el contenido del sitio web es fácil de leer y visualizar.	4	3	3
Considero que la información es instantáneamente comprensible.	4	3	3
La navegación de este sitio web es simple y fácil de comprender.	5	3	2
Eficiencia			
Es simple y rápido encontrar algún tipo de información en el sitio web.	4	3	3
La información encontrada en este sitio web es reciente.	5	3	3
Los elementos del sitio web son cargados rápidamente.	5	4	3
Capacidad de memoria			
Conozco mi ubicación actual en el sitio web	4	3	2
Satisfacción			
El diseño gráfico del sitio web cumple con mis expectativas.	5	4	2
Estoy satisfecho por la cantidad de gráficos que se muestran en el sitio web.	5	4	3

Anexo O: Encuesta de validación del sistema de información

La siguiente encuesta de validación fue realizada a los expertos para corroborar que el sistema de información cumple con sus expectativas de uso y eficiencia para realizar evaluaciones de usabilidad.



Section 1 of 2

Encuesta de validación



Buenas tardes, estimado experto.

En primer lugar, muchas gracias por su colaboración en mi proyecto de fin de carrera. Quisiera comunicarle que puede apreciar los resultados de la medición de la usabilidad de los sitios web evaluados en la sección "Reportes" del sistema de información. El enlace es <http://54.221.92.139:3000/> Finalmente, me gustaría contar con su retroalimentación sobre el software y su utilidad para la obtención del cálculo de la usabilidad en sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico.

Muchas gracias.

Manuel Delgado

¿Considera que este sistema web contribuye a cuantificar el nivel de usabilidad de los productos de software? * *

Long answer text

¿Considera que este sistema web contribuye a cuantificar el nivel de usabilidad de los productos de software? * *

Long answer text



¿Qué mejoras se podrían realizar al software?

Long answer text

¿Qué funcionalidad extra quisiera que tenga este software?

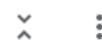
Long answer text

¿Tiene algún otro tipo de comentario o sugerencia sobre el proceso de evaluación o su interacción con el software?

Long answer text

Section 2 of 2

Indicadores de utilidad del software



Estos indicadores permitirán obtener el nivel de utilidad del software en relación a la obtención de la medición de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico

Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, puedo cumplir con mis tareas más rápido * *

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 5 Muy de acuerdo

Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, mejoro mi desempeño laboral * *

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 5 Muy de acuerdo

Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, mejora mi productividad * *

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 5 Muy de acuerdo

Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, mejora mi efectividad * *

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 5 Muy de acuerdo

Al usar este software, para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico, facilito el cumplimiento de mis labores * *

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 5 Muy de acuerdo

Encuentro útil a este software para calcular el nivel de usabilidad de sitios web de gobierno electrónico * *

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 5 Muy de acuerdo