

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Usabilidad en servicios web bioinformáticos

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Informático:

Autor:

Manuel Alberto Bezerra Brandao Corrales

Asesores:

Dra. Layla Hirsh Martinez

Dr. Jose Antonio Pow Sang Portillo

Lima, abril de 2021

Dedicatoria

A mi abuelita, que desde el cielo me protege todos los días.

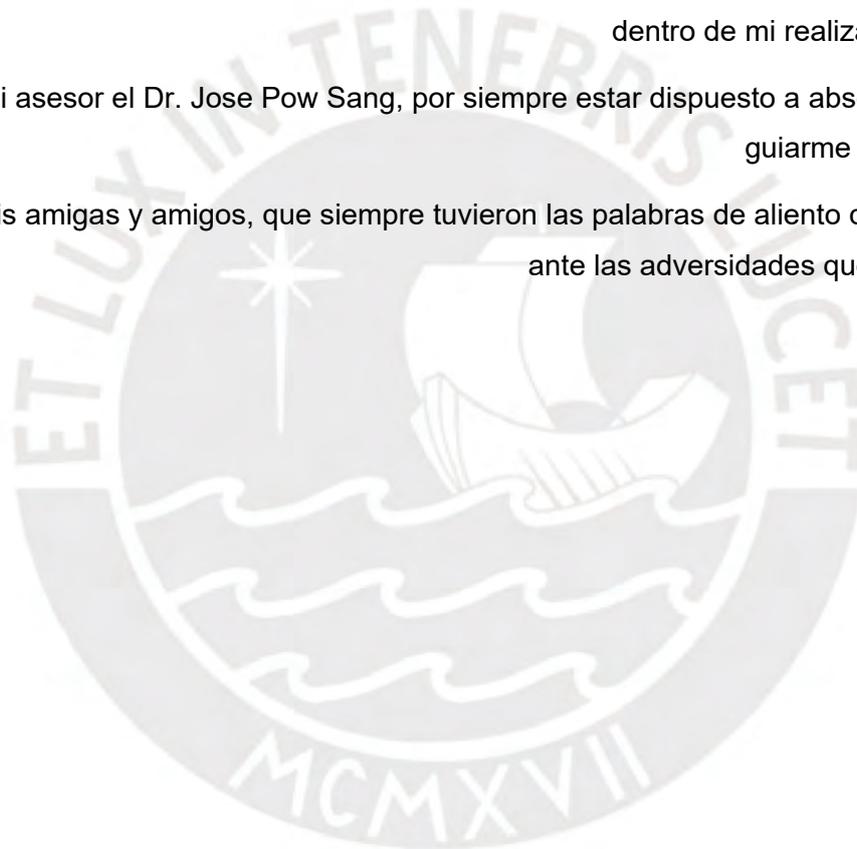
A mi madre, por quererme con su infinito amor y por ser la persona que me ha enseñado a ser quien soy.

A mis tías, por el cariño que me dan y por siempre brindarme todo el apoyo que necesito.

A mi asesora la Dra. Layla Hirsh por creer en mí y enseñarme un mundo de posibilidades dentro de mi realización profesional.

A mi asesor el Dr. Jose Pow Sang, por siempre estar dispuesto a absolver mis dudas y guiarme en este proyecto.

A mis amigas y amigos, que siempre tuvieron las palabras de aliento que me motivaron ante las adversidades que se presentaron.



Resumen

Bioinformática es la aplicación de tecnologías computacionales y la estadística a la gestión y análisis de datos biológicos como lo son las secuencias de ADN y de proteínas (Can, 2014). En esta área se ha evidenciado una creciente necesidad de usabilidad en las herramientas utilizadas para la investigación, con el fin de conseguir un manejo adecuado de la gran cantidad de información que se utiliza (Bolchini et al., 2009). Además, actualmente es evidente la escasez de investigaciones sobre usabilidad en servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009).

Es por ello que, en este trabajo de investigación, se busca proponer herramientas que permitan realizar evaluaciones de usabilidad y diseño de interfaces enfocados a las necesidades en servicios web bioinformáticos. Estos servicios presentan características particulares que los diferencian de otros tipos de software. Además, sus usuarios presentan necesidades distintas. Por ejemplo, las barreras de usabilidad pueden inhibir la satisfacción de la experiencia de usuario y forzar a los investigadores a desperdiciar tiempo y energía en realizar tareas cotidianas en sus trabajos (Bolchini et al., 2009).

Con la finalidad de atacar esta problemática, en este proyecto de fin de carrera se ha realizado la identificación del instrumento y el método de evaluación de usabilidad idóneos a aplicar en servicios web bioinformáticos, revisando literatura y comparando las principales características de métodos que ya han sido utilizados en este tipo de servicios. Con estos, se realizó una evaluación en el servicio web bioinformático del tipo recurso de datos Pfam (El-Gebali et al., 2019). Se realizó un análisis para enfocar el instrumento elegido a este tipo de servicios y se propusieron ajustes a este. Con el instrumento ajustado propuesto, se realizó nuevamente una evaluación de usabilidad al servicio mencionado anteriormente y se realizó una comparación de los resultados obtenidos.

Además, por medio de entrevistas a usuarios de servicios web bioinformáticos y los resultados obtenidos en este trabajo, se propuso una clasificación de usuarios basado en el nivel de experiencia de estos usuarios. Se elaboraron instrumentos de usabilidad como perfiles de usuario y mapas de empatía para cada una de las categorías. Finalmente, se propusieron lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos, los cuales fueron aplicados a una funcionalidad del servicio de información sobre familias de proteínas, Pfam (El-Gebali et al., 2019).

Tema FCI

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título Profesional de Ingeniero Informático
TEMA : Usabilidad en servicios web bioinformáticos
ÁREA : Ingeniería de Software
ASESORES : Dra. Layla Hirsh Martinez
Dr. Jose Antonio Pow Sang Portillo
ALUMNO : Manuel Alberto Bezerra Brandao Corrales
FECHA : 15/01/2021
MÁXIMO : 100 páginas

DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS:

Según Can, la Bioinformática es la aplicación de tecnologías computacionales a la gestión y análisis de datos biológicos como lo son las secuencias de ADN y de proteínas. De acuerdo al Instituto Europeo de Bioinformática perteneciente al EMBL (Laboratorio Europeo de Biología Molecular, por sus siglas en inglés), un servicio web bioinformático es una herramienta o recurso de datos que permite obtener y procesar data biológica a través de interfaces web. En base a un estudio realizado por Bolchini y otros autores en el 2009, se ha evidenciado una creciente necesidad de usabilidad en estos servicios, con el fin de conseguir un manejo adecuado de la gran cantidad de información que se utiliza. Asimismo, estos autores sostienen que es evidente la escasez de investigaciones sobre usabilidad en servicios web bioinformáticos.

Es por ello que, en este trabajo de investigación, se busca proponer herramientas que permitan realizar evaluaciones de usabilidad y guiar el diseño de interfaces en servicios web bioinformáticos. Estos servicios presentan características particulares que los diferencian de otros tipos de software. Además, sus usuarios presentan necesidades distintas. Por ejemplo, Bolchini sostiene que las barreras de usabilidad pueden inhibir la satisfacción de la experiencia de usuario y forzar a los investigadores a desperdiciar tiempo y energía en realizar tareas cotidianas en sus trabajos.

Con la finalidad de atacar esta problemática, se espera plantear como solución la identificación del instrumento y el método de evaluación de usabilidad idóneos a aplicar en servicios web bioinformáticos, revisando literatura y comparando las principales características de métodos que ya han sido utilizados en este tipo de servicios. Con este resultado, se podrá realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado. Además, se busca realizar un análisis para proponer ajustes al instrumento elegido con la finalidad de enfocarlo a estos servicios. Utilizando este instrumento, será posible realizar nuevamente una evaluación de usabilidad a un servicio web bioinformático altamente usado y comparar los resultados obtenidos.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Departamento de Ingeniería

Dra. LAYLA HIRSH M.
Coordinadora de Especialidad
Ingeniería informática

i




Finalmente, por medio de entrevistas a usuarios de servicios web bioinformáticos y los resultados que se obtendrán en este trabajo, se propondrá una clasificación de usuarios basado en el nivel de experiencia de estos. Se elaborarán instrumentos de usabilidad como perfiles de usuario y mapas de empatía para cada una de las categorías que permitan reflejar los principales puntos de dolor que sean identificados en este tipo de servicios. Por último, se buscará proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos, que serán aplicados a una funcionalidad de un servicio altamente usado.

Objetivo General:

Elaborar una propuesta de lineamientos de diseño de interfaces y una propuesta de ajustes a un instrumento para la evaluación de usabilidad, ambos en servicios web bioinformáticos

Objetivos Específicos:

- O1. Realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado.
- O2. Proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos.
- O3. Proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos.

NOTA

Complete el formato y solicite el visto bueno de su asesor. Tenga en cuenta que la Facultad verificará que el tema de tesis propuesto, cumpla los siguientes requisitos:

1. Usted debe adjuntar un archivo ZIP conteniendo el tema de tesis en Word y en formato PDF con el visto bueno del asesor.
2. Usted no debe contar con un Tema de tesis asignado anteriormente. De darse el caso, deberá efectuar el trámite de cambio del tema de tesis en la Facultad.
3. Usted debe encontrarse matriculado o haber aprobado el segundo curso de Tesis de su especialidad.
4. En caso de que el tema de tesis mencione a una organización, deberá adjuntar la autorización del representante legal de dicha organización.

En caso de alguna consulta adicional, puede contactarnos a la cuenta: titulacion-fci@puco.edu.pe



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Departamento de Ingeniería

Dra. LAYLA HIRSH M.
Coordinadora de Especialidad
Ingeniería Informática



Índice general

Dedicatoria	2
Resumen	3
Tema FCI	4
Índice general	6
Índice de figuras	13
Índice de gráficos	18
Índice de tablas	21
Capítulo 1. Generalidades	23
1.1 Problemática	23
1.1.1 Árbol de problemas	23
1.1.2 Descripción	24
1.1.3 Problema seleccionado	26
1.2 Objetivos	26
1.2.1 Objetivo general	26
1.2.2 Objetivos específicos	26
1.2.3 Resultados esperados	26
1.2.4 Mapeo de objetivos, resultados y verificación	28
1.3 Métodos, procedimientos y herramientas	31
Capítulo 2. Marco conceptual	33
2.1 Introducción	33
2.2 Desarrollo del marco	33
Capítulo 3. Estado del arte	36
3.1 Introducción	36
3.2 Objetivos de revisión	36
3.3 Preguntas de revisión	36
3.4 Estrategia de búsqueda	36
3.4.1 Motores de búsqueda a usar	36
3.4.2 Cadenas de búsqueda a usar	37

3.4.3	Criterios de inclusión/exclusión	38
3.4.3.1	Criterios de inclusión.....	38
3.4.3.2	Criterios de exclusión.....	39
3.4.4	Estudios primarios	39
3.5	Formulario de extracción de datos	41
3.6	Resultados de la revisión.....	42
3.6.1	Respuesta a ¿Cómo se describen los principales problemas en términos de usabilidad que se encuentran en servicios web bioinformáticos?	43
3.6.2	Respuesta a ¿Qué técnicas y métodos de usabilidad han tenido mayor impacto en la evaluación de servicios web bioinformáticos?.....	45
3.6.3	Respuesta a ¿Cómo son los estándares, propuestas o principios de usabilidad en servicios web bioinformáticos y cuál es la necesidad de estos en la actualidad? .	46
3.7	Conclusiones	47
Capítulo 4.	Evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático.....	48
4.1	Introducción	48
4.2	Resultados alcanzados.....	48
4.2.1	Comparación de características entre métodos de usabilidad.....	48
4.2.2	Método e instrumento de evaluación de usabilidad seleccionados.....	51
4.2.3	Resultados de la evaluación de usabilidad en Pfam	52
4.3	Discusión	55
Capítulo 5.	Instrumento de evaluación de usabilidad para servicios web bioinformáticos	57
5.1	Introducción	57
5.2	Resultados alcanzados.....	57
5.2.1	Cuestionario ajustado propuesto: SUS-BWS	57
5.2.2	Comparación de resultados obtenidos en las evaluaciones	62
5.3	Discusión	65
Capítulo 6.	Herramientas de apoyo enfocadas a la usabilidad en servicios web bioinformáticos.....	67

6.1	Introducción	67
6.2	Resultados alcanzados.....	67
6.2.1	Perfiles de usuario y mapas de empatía por nivel de experiencia	67
6.2.2	Lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos	75
6.3	Discusión	84
Capítulo 7.	Conclusiones y trabajos futuros	86
7.1	Conclusiones	86
7.2	Trabajos futuros.....	89
Referencias	90
Anexos	100
Anexo A:	Formulario de extracción	100
Anexo B:	Plan de proyecto	101
1.	Justificación	101
2.	Viabilidad	101
3.	Alcance	101
4.	Restricciones	102
5.	Identificación de los riesgos del proyecto	103
6.	Estructura de descomposición del trabajo (EDT)	105
7.	Lista de tareas	106
7.1.	Tareas de la planificación del proyecto	106
7.2.	Tareas del proyecto de fin de carrera.....	108
8.	Cronograma del proyecto	113
9.	Lista de recursos	119
9.1.	Personas involucradas y necesidades de capacitación	119
9.2.	Materiales requeridos para el proyecto	119
9.3.	Estándares utilizados en el proyecto	120
9.4.	Equipamiento requerido	120
9.5.	Herramientas requeridas	120

10. Costeo del Proyecto.....	121
Anexo C: Cronograma de proyecto	122
Anexo D: Reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos	125
1. Introducción	125
2. Presentación de métodos a comparar	125
2.1. Prueba remota con usuarios mediante cuestionarios	125
2.2. Prueba con usuarios pensando en voz alta (thinking aloud).....	126
3. Comparación de características	127
4. Apéndices	130
4.1. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad	130
Anexo E: Reporte de selección del método e instrumento de evaluación de usabilidad idóneos ya utilizados en servicios web bioinformáticos	131
1. Introducción	131
2. Usuarios de los servicios web bioinformáticos	131
3. Discusión	133
4. Conclusión	134
5. Apéndices	135
5.1. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad	135
Anexo F: Reporte de resultados de pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método e instrumento seleccionados....	136
1. Introducción	136
2. Definición de prerrequisitos	136
2.1. Servicio web bioinformático a evaluar - Pfam	136
2.2. Método de evaluación de usabilidad	138
2.3. Formulario y herramientas.....	139
3. Resultados obtenidos	142
3.1. Resultados demográficos	142
3.2. Resultados de cuestionario SUS (Brooke, 1996).....	146

4. Conclusión	154
5. Apéndices	155
5.1. Capturas de pantalla del formulario elaborado en Google Forms	155
5.2. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad	162
Anexo G: Ajustes en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos	163
1. Introducción	163
2. Descripción del instrumento seleccionado: SUS (Brooke, 1996)	163
3. Análisis	166
4. Discusión	169
5. Ajustes propuestos	169
5.1. Cuestionario SUS-BWS.....	171
6. Apéndices	173
6.1. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad	173
Anexo H: Reporte de evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado utilizando el método e instrumento ajustado para servicios web bioinformáticos	174
1. Introducción	174
2. Definición de prerrequisitos	174
2.1. Servicio web bioinformático a evaluar - Pfam	174
2.2. Método de evaluación de usabilidad	176
2.3. Formulario y herramientas.....	176
3. Resultados obtenidos	180
3.1. Resultados demográficos	181
3.2. Resultados de cuestionario SUS-BWS	184
4. Conclusión	192
5. Apéndices	194
5.1. Capturas de pantalla del formulario elaborado en Google Forms	194
5.2. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad	202

Anexo I: Reporte de comparación de los resultados obtenidos con el método para realizar pruebas de usabilidad seleccionado con los resultados obtenidos con el método e instrumento ajustado para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos	203
1. Introducción	203
2. Servicio web bioinformático evaluado	204
3. Método e instrumentos utilizados	205
3.1. SUS: System Usability Scale (Brooke, 1996).....	206
3.2. SUS-BWS: System Usability Scale for Bioinformatics Web Services	208
4. Herramientas utilizadas	210
5. Resultados obtenidos	215
5.1. Resultados demográficos	215
5.2. Resultados del cuestionarios SUS (Brooke, 1996) y del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS.....	219
5.3. Resultados de la encuesta de opinión a usuarios de servicios web bioinformáticos sobre precisión de cuestionarios.....	230
6. Discusión	235
7. Conclusiones	237
8. Apéndices	238
8.1. Capturas de pantalla de la encuesta elaborada en Google Forms	238
8.2. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad	243
Anexo J: Definición de instrumentos de usabilidad en servicios web bioinformáticos .	244
1. Introducción	244
2. Entrevistas con usuarios de servicios web bioinformáticos	244
3. Perfiles de usuario	246
4.1. Perfil de usuario de nivel básico.....	247
4.2. Perfil de usuario de nivel intermedio	248
4.3. Perfil de usuario de nivel avanzado.....	249
4. Mapas de empatía	250
4.1. Mapa de empatía sobre un usuario de nivel básico	251
4.2. Mapa de empatía sobre un usuario de nivel intermedio.....	252

4.3. Mapa de empatía sobre un usuario de nivel intermedio.....	253
5. Apéndices	254
5.1. Consentimiento informado para entrevistas	254
5.2. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad	255
Anexo K: Lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos	256
1. Introducción	256
2. Justificación	256
3. Discusión	257
4. Lineamientos de diseño para servicios web bioinformáticos	258
5. Apéndices	264
5.1. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad	264
Anexo L: Prototipo de interfaz de una funcionalidad de un servicio web bioinformático diseñado en base a los lineamientos	265
1. Introducción	265
2. Pantallas diseñadas.....	265
2.1. Pantalla principal	266
2.2. Funcionalidad “View a Pfam Entry”	267
2.3. Sección “Summary”	272
2.4. Sección “Domain organization”	273
2.5. Sección “Alignments”	275
2.6. Sección “HMM logo”	276
2.7. Sección “Trees & species”	278
3. Prototipo navegable.....	278

Índice de figuras

Figura 1 Árbol de problemas: Parte central, problema principal- Zona superior, problemas efectos. Zona inferior, problemas causas.	23
Figura 2 Cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (System Usability Scale for Bioinformatics Web Services, por sus siglas en inglés).....	58
Figura 3 Perfil de usuario de nivel básico. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@thisisengineering	69
Figura 4 Perfil de usuario de nivel intermedio. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@thisisengineering	70
Figura 5 Perfil de usuario de nivel avanzado. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@linkedinsalesnavigator	71
Figura 6 Mapa de empatía sobre un usuario de nivel básico. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@thisisengineering	72
Figura 7 Mapa de empatía sobre un usuario de nivel intermedio. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@thisisengineering	73
Figura 8 Mapa de empatía sobre un usuario de nivel avanzado. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@linkedinsalesnavigator	74
Figura 9 Diseño propuesto para la página principal del servicio web bioinformático Pfam 81	
Figura 10 Diseño propuesto para la funcionalidad "View a Pfam entry" al ingresar el identificador TAL_effector.	82
Figura 11 Diseño propuesto para la visualización del resumen de información relacionado a la familia de proteínas TAL effector repeat	83
Figura 12 Anexo B: Estructura de descomposición del trabajo de la planificación del proyecto: Parte superior, título del proyecto. Zona media, entregables de planificación. Zona inferior, entregables parciales de planificación.	105
Figura 13 Anexo B: Estructura de descomposición del trabajo del proyecto: Parte superior, título del proyecto. Zona media, objetivos del trabajo. Zona inferior, resultados esperados y medios de verificación.....	106
Figura 14 Anexo C: Diagrama de Gantt de la planificación de proyecto de tesis	123

Figura 15 Anexo C: Diagrama de Gantt del proyecto de fin de carrera	124
Figura 16 Anexo E: Mapa de ubicación geográfica de miembros del EMBL (Schumacher, 2010).....	132
Figura 17 Anexo E: Foto del EMBL-EBI (Hirsh, 2019).....	133
Figura 18 Anexo F: Página web principal de Pfam https://pfam.xfam.org/	137
Figura 19 Anexo F: Gráfica de número de citas por año del artículo académico The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future	138
Figura 20 Anexo F: Categorías de percentiles, calificaciones, adjetivos y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018).....	140
Figura 21 Anexo F: Puntaje SUS en una curva con percentiles y calificaciones (Sauro, 2018)	142
Figura 22 Anexo F: Captura de formulario - Consentimiento informado.....	155
Figura 23 Anexo F: Captura de formulario - Confirmación del consentimiento	156
Figura 24 Anexo F: Captura de formulario - Presentación del servicio web bioinformático a evaluar	156
Figura 25 Anexo F: Captura de formulario - Información del participante	157
Figura 26 Anexo F: Captura de formulario - Experiencia previa con el servicio	157
Figura 27 Anexo F: Captura de formulario – Presentación del cuestionario SUS	158
Figura 28 Anexo F: Captura de formulario - Cuestionario SUS parte 1	158
Figura 29 Anexo F: Captura de formulario - Cuestionario SUS parte 2.....	159
Figura 30 Anexo F: Captura de formulario - Cuestionario SUS parte 3.....	160
Figura 31 Anexo F: Captura de formulario - Cuestionario SUS parte 4.....	161
Figura 32 Anexo F: Captura de formulario - Final.....	161
Figura 33 Anexo G: Diez afirmaciones pertenecientes al cuestionario SUS, acompañadas de una escala de Likert de cinco puntos (Brooke, 1996).....	164
Figura 34 Anexo G: Categorías de percentiles, calificaciones, adjetivos y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018).....	165

Figura 35 Anexo G: Modelo de evaluación de método (MEM, por sus siglas en inglés) (Moody, 2001) adaptado	167
Figura 36 Anexo G: Cuestionario SUS-BWS (System Usability Scale for Bioinformatics Web Services) adaptado del cuestionario SUS (Brooke, 1996).....	172
Figura 37 Anexo H: Página web principal de Pfam https://pfam.xfam.org/	175
Figura 38 Anexo H: Gráfica de número de citas por año del artículo académico The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future	176
Figura 39 Anexo H: Categorías de percentiles, calificaciones, adjetivos y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018).....	178
Figura 40 Anexo H: Puntaje SUS en una curva con percentiles y calificaciones (Sauro, 2018)	180
Figura 41 Anexo H: Captura de formulario - Consentimiento informado	194
Figura 42 Anexo H: Captura de formulario - Confirmación del consentimiento	195
Figura 43 Anexo H: Captura de formulario - Presentación del servicio web bioinformático a evaluar	195
Figura 44 Anexo H: Captura de formulario - Información del participante	196
Figura 45 Anexo H: Captura de formulario - Experiencia previa con el servicio.....	196
Figura 46 Anexo H: Captura de formulario – Presentación del cuestionario SUS-BWS .	197
Figura 47 Anexo H: Captura de formulario - Cuestionario SUS-BWS parte 1	197
Figura 48 Anexo H: Captura de formulario - Cuestionario SUS-BWS parte 2	198
Figura 49 Anexo H: Captura de formulario - Cuestionario SUS-BWS parte 3	199
Figura 50 Anexo H: Captura de formulario - Cuestionario SUS-BWS parte 4	200
Figura 51 Anexo H: Captura de formulario - Final	201
Figura 52 Anexo I: Página web principal de Pfam https://pfam.xfam.org/	204
Figura 53 Anexo I: Gráfica de número de citas por año del artículo académico The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future	205
Figura 54 Anexo I: Diez afirmaciones pertenecientes al cuestionario SUS, acompañadas de una escala de Likert de cinco puntos (Brooke, 1996).....	207

Figura 55 Anexo I: Diez afirmaciones pertenecientes al cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS, acompañadas de una escala de Likert de cinco puntos	209
Figura 56 Anexo I: Categorías de percentiles, calificaciones, adjetivos y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018).....	210
Figura 57 Anexo I: Puntaje SUS en una curva con percentiles y calificaciones (Sauro, 2018)	212
Figura 58 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Consentimiento informado	238
Figura 59 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Confirmación de consentimiento	239
Figura 60 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Información de participantes...	239
Figura 61 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Participación en evaluaciones previas	239
Figura 62 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 1	240
Figura 63 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 2	241
Figura 64 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 3	241
Figura 65 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 4	242
Figura 66 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 5	242
Figura 67 Anexo J: Perfil de usuario de nivel básico. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@thisisengineering	247
Figura 68 Anexo J: Perfil de usuario de nivel intermedio. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@thisisengineering	248
Figura 69 Anexo J: Perfil de usuario de nivel avanzado. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@linkedinsalesnavigator	249
Figura 70 Anexo J: Mapa de empatía sobre un usuario de nivel básico. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@thisisengineering	251
Figura 71 Anexo J: Mapa de empatía sobre un usuario de nivel intermedio. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@thisisengineering	252
Figura 72 Anexo J: Mapa de empatía sobre un usuario de nivel avanzado. La foto utilizada ha sido tomada de https://unsplash.com/@linkedinsalesnavigator	253

Figura 73 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla principal de Pfam(EI-Gebali et al., 2019).....	266
Figura 74 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la funcionalidad "View a Pfam Entry"	267
Figura 75 Anexo L: Diseño propuesto para la selección de ejemplo en la pantalla de la funcionalidad "View a Pfam Entry"	268
Figura 76 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de espera de búsqueda de la funcionalidad "View a Pfam Entry".....	269
Figura 77 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de espera de carga de la funcionalidad "View a Pfam Entry"	270
Figura 78 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de espera de carga de resultados de la funcionalidad "View a Pfam Entry"	271
Figura 79 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la sección "Summary"	272
Figura 80 Anexo L: Diseño propuesto para la sección "Domain organization"	273
Figura 81 Anexo L: Diseño propuesto para la visualización de información de ayuda en la sección "Domain organization"	274
Figura 82 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la sección "Alignments".....	275
Figura 83 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la sección "HMM logo"	276
Figura 84 Anexo L: Diseño propuesto para la visualización de información de ayuda en la sección "HMM logo"	277
Figura 85 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la sección "Trees & species".	278

Índice de gráficos

Gráfico 1 Respuestas a "4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system / I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service"	63
Gráfico 2 Puntaje promedio final según cuestionario aplicado	64
Gráfico 3 Anexo F: Respuestas a "What is your age?"	143
Gráfico 4 Anexo F: Respuestas a "Where were you born?"	143
Gráfico 5 Anexo F: Respuestas a "What is your current occupation?"	144
Gráfico 6 Anexo F: Respuestas a la pregunta opcional "What is your specialization area?"	145
Gráfico 7 Anexo F: Respuestas a "Have you used Pfm before?"	146
Gráfico 8 Anexo F: Respuestas a "1. I think that I would like to use this system frequently"	148
Gráfico 9 Anexo F: Respuestas a "2. I found the system unnecessarily complex"	149
Gráfico 10 Anexo F: Respuestas a "3. I thought the system was easy to use"	149
Gráfico 11 Anexo F: Respuestas a "4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system"	150
Gráfico 12 Anexo F: Respuestas a "5. I found the various functions in this system were well integrated"	151
Gráfico 13 Anexo F: Respuestas a "6. I thought there was too much inconsistency in this system"	151
Gráfico 14 Anexo F: Respuestas a "7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly"	152
Gráfico 15 Anexo F: Respuestas a "8. I found the system very cumbersome to use"	153
Gráfico 16 Anexo F: Respuestas a "9. I felt very confident using the system"	153
Gráfico 17 Anexo F: Respuestas a "10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system"	154
Gráfico 18 Anexo H: Respuestas a "What is your age?"	181

Gráfico 19 Anexo H: Respuestas a "Where were you born?"	182
Gráfico 20 Anexo H: Respuestas a "What is your current occupation?"	182
Gráfico 21 Anexo H: Respuestas a la pregunta opcional "What is your specialization area?"	183
Gráfico 22 Anexo H: Respuestas a "Have you used Pfam before?"	184
Gráfico 23 Anexo H: Respuestas a "1. I think that I would like to use this service frequently"	186
Gráfico 24 Anexo H: Respuestas a "2. I found the service unnecessarily complex"	187
Gráfico 25 Anexo H: Respuestas a "3. I thought the service was easy to use"	187
Gráfico 26 Anexo H: Respuestas a "4. I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service"	188
Gráfico 27 Anexo H: Respuestas a "5. I found the various functionalities in this service were well integrated"	189
Gráfico 28 Anexo H: Respuestas a "6. I thought there was too much inconsistency on the options of this service"	189
Gráfico 29 Anexo H: Respuestas a "7. I would imagine that most people would learn to use this service very quickly"	190
Gráfico 30 Anexo H: Respuestas a "8. I found the service very uncomfortable to use" ..	191
Gráfico 31 Anexo H: Respuestas a "9. I felt very confident using the service"	191
Gráfico 32 Anexo H: Respuestas a "10. I needed to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service"	192
Gráfico 33 Anexo I: Respuestas a "What is your age"	215
Gráfico 34 Anexo I: Respuestas a "Where were you born?"	216
Gráfico 35 Anexo I: Respuestas a "What is your current occupation?"	217
Gráfico 36 Anexo I: Respuestas a "What is your specialization area?"	218
Gráfico 37 Anexo I: Respuestas a "Have you used Pfam before?"	219
Gráfico 38 Anexo I: Respuestas a "1. I think that I would like to use this system frequently / I think that I would like to use this service frequently"	222

Gráfico 39 Anexo I: Respuestas a "2. I found the system unnecessarily complex / I found the service unnecessarily complex"	223
Gráfico 40 Anexo I: Respuestas a "3. I thought the system was easy to use / I thought the service was easy to use"	223
Gráfico 41 Anexo I: Respuestas a "4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system / I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service"	224
Gráfico 42 Anexo I: Respuestas a "5. I found the various functions in this system were well integrated / I found the various functionalities in this service were well integrated"	225
Gráfico 43 Anexo I: Respuestas a "6. I thought there was too much inconsistency in this system / I thought there was too much inconsistency on the options of this service"	225
Gráfico 44 Anexo I: Respuestas a "7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly / I would imagine that most people would learn to use this service very quickly"	226
Gráfico 45 Anexo I: Respuestas a "8. I found the system very cumbersome to use / I found the service very uncomfortable to use"	227
Gráfico 46 Anexo I: Respuestas a "9. I felt very confident using the system / I felt very confident using the service"	227
Gráfico 47 Anexo I: Respuestas a "10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system / I needed to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service"	228
Gráfico 48 Anexo I: Puntaje promedio final según cuestionario aplicado	229
Gráfico 49 Anexo I: Respuestas a la pregunta "What is your age?" - Encuesta.....	230
Gráfico 50 Anexo I: Respuestas a la pregunta "Where were you born?" - Encuesta	231
Gráfico 51 Anexo I: Respuestas a la pregunta "What is your current occupation?" - Encuesta	231
Gráfico 52 Anexo I: Respuestas a la pregunta "What is your specialization area?" - Encuesta	232
Gráfico 53 Anexo I: Respuestas a "Have you participated on a usability evaluation as part of the research "Usability on Bioinformatics Web Services?" - Encuesta	233

Índice de tablas

Tabla 1 Mapeo de O1: Realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado	28
Tabla 2 Mapeo de O2: Proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos.....	29
Tabla 3 Mapeo de O3: Proponer lineamientos para el diseño de interfaces para servicios web bioinformáticos	30
Tabla 4 Resumen numérico de resultados por motor de búsqueda	38
Tabla 5 Resumen de resultados por criterios de exclusión	39
Tabla 6 Resumen de resultados por criterios de inclusión	40
Tabla 7 Descripción del formulario de extracción	42
Tabla 8 Cuadro comparativo entre métodos de evaluación de usabilidad aplicados a servicios web bioinformáticos	49
Tabla 9 Resumen de resultados obtenidos del cuestionario SUS respecto a Pfam	54
Tabla 10 Resumen de resultados obtenidos del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS respecto a Pfam	61
Tabla 11 Comparación de la interpretación de los puntajes SUS promedio obtenidos en cada cuestionario en base a las categorías definidas por Sauro (Sauro, 2018).....	64
Tabla 12 Propuesta de lineamientos de diseño para servicios web bioinformáticos categorizados en base a las diez heurísticas de Nielsen (Nielsen, 2005)	75
Tabla 13 Anexo B: Leyenda de probabilidad	104
Tabla 14 Anexo B: Leyenda de Impacto	105
Tabla 15 Anexo B: Leyenda de severidad	105
Tabla 16 Anexo B: Cronograma de la planificación del proyecto de fin de carrera	113
Tabla 17 Anexo B: Cronograma del proyecto de fin de carrera.....	115
Tabla 18 Anexo B: Costeo del proyecto.....	121
Tabla 19 Anexo D: Cuadro comparativo entre métodos de evaluación de usabilidad aplicados a servicios web bioinformáticos	128

Tabla 20 Anexo F: Categorías de percentiles, calificación, adjetivos, admisibilidad y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018).....	141
Tabla 21 Anexo F: Resumen de resultados obtenidos del cuestionario SUS.....	147
Tabla 22 Anexo G: Categorías de percentiles, calificación, adjetivos, admisibilidad y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018).....	166
Tabla 23 Anexo G: Clasificación de las afirmaciones del cuestionario SUS según los constructos del MAM (Method Adoption Model, por sus siglas en inglés).....	168
Tabla 24 Anexo H: Categorías de percentiles, calificación, adjetivos, admisibilidad y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018).....	179
Tabla 25 Anexo H: Resumen de resultados obtenidos del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS	185
Tabla 26 Anexo I: Categorías de percentiles, calificación, adjetivos, admisibilidad y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018).....	211
Tabla 27 Escenarios de usabilidad y las afirmaciones que los evalúan en los instrumentos comparados en servicios web bioinformáticos.....	214
Tabla 28 Anexo I: Resumen de resultados obtenidos del cuestionario SUS.....	220
Tabla 29 Anexo I: Resumen de resultados obtenidos del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS	221
Tabla 30 Anexo I: Comparación de la interpretación de los puntajes SUS promedio obtenidos en cada cuestionario en base a las categorías definidas por Sauro (Sauro, 2018)	229
Tabla 31 Anexo I: Respuestas sobre qué afirmaciones de los instrumentos de usabilidad utilizados son más precisas en servicios web bioinformáticos por cada escenario evaluado	234
Tabla 32 Anexo K: Propuesta de lineamientos de diseño para servicios web bioinformáticos categorizados en base a las diez heurísticas de Nielsen (Nielsen, 2005)	258

Capítulo 1. Generalidades

1.1 Problemática

En esta sección se procederá a presentar el árbol de problemas, con sus respectivos problemas efectos y problemas causas. Posteriormente se describe la problemática en la que se contextualiza el problema a abordar y finalmente se describe el problema seleccionado a solucionar en la presente tesis.

1.1.1 Árbol de problemas

A continuación, en la Figura 1 se presenta el árbol de problemas, en el cual se muestra los problemas causas de la problemática y los efectos que implica mediante un diagrama.

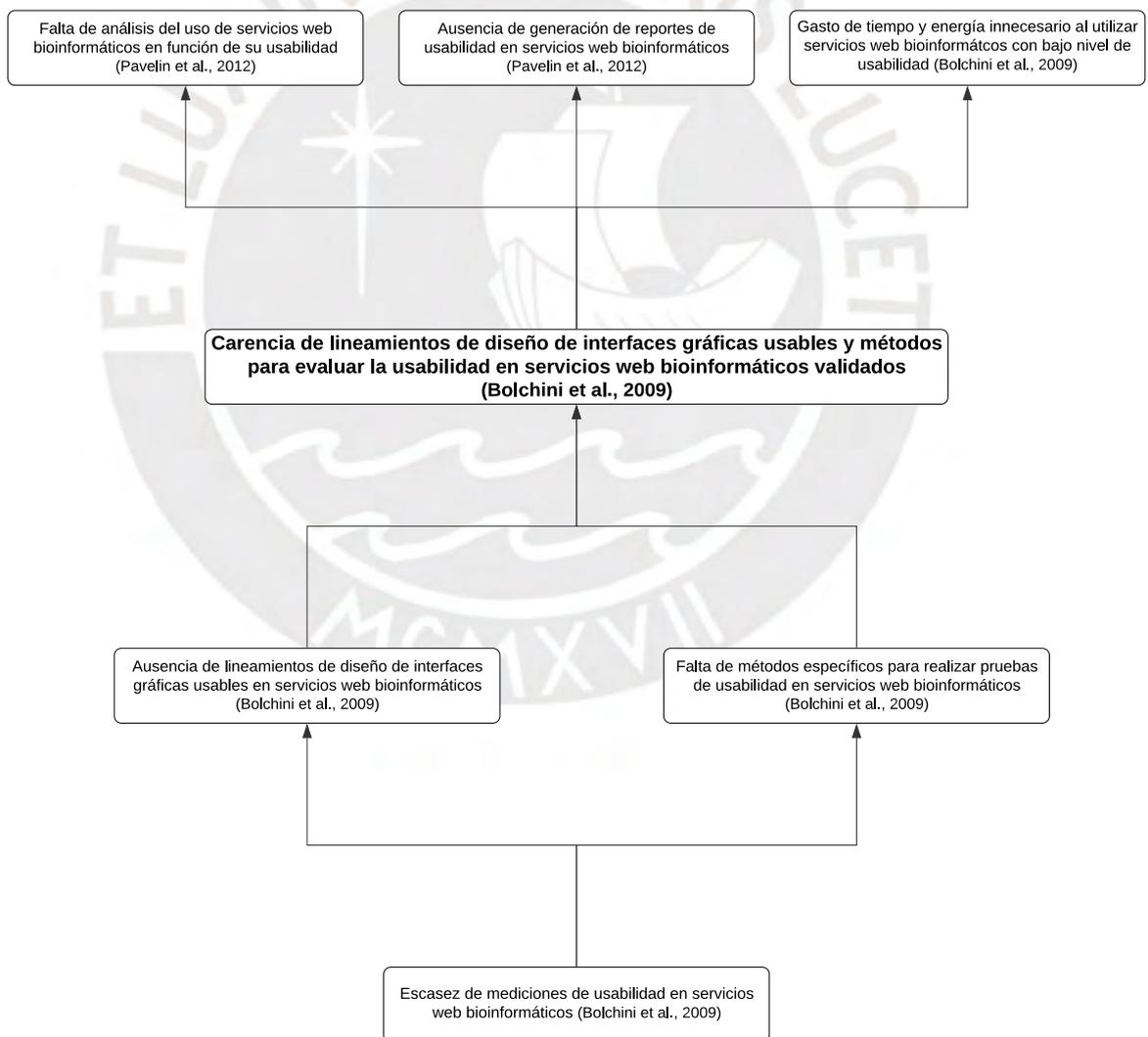


Figura 1 Árbol de problemas: Parte central, problema principal- Zona superior, problemas efectos. Zona inferior, problemas causas.

1.1.2 Descripción

Los inicios del área de la Bioinformática ocurren hace más de 50 años, cuando las computadoras de escritorio aún no existían y el ADN aún no podía ser secuenciado (Can, 2014). Por esas épocas, Margaret Dayhoff era considerada la primera persona en iniciar la aplicación de métodos computacionales para cambios de bioquímica (Can, 2014). Así, en el transcurso de la historia, muchas de las personas que se dedicaron a investigar y desarrollar aplicaciones de la informática en biología, bioquímica y biofísica eran, en su mayoría, científicos sin un conocimiento formal previo de informática como tal (Mirel & Wright, 2009).

A mediados de la década de los noventa el internet revolucionó la cultura, el comercio y la tecnología permitiendo la comunicación casi instantánea por primera vez en la historia (Can, 2014). Esto permitió la creación de diversas herramientas de bioinformática accesibles globalmente (Can, 2014). Actualmente, se encuentran numerosas aplicaciones de escritorio, servicios web y bases de datos que son muy utilizadas para la investigación (Bolchini et al., 2009).

Uno de estos servicios web bioinformáticos es UniProt, una colección de secuencias y anotaciones sobre aproximadamente 120 millones de proteínas (The UniProt Consortium, 2019). La base de datos UniProtKB (UniProt Knowledgebase) a la fecha con 181,252,700 anotaciones sobre estas proteínas (The UniProt Consortium, 2019). La investigación en bioinformática requiere actualmente trabajar con millones de datos, como se demuestra con UniProt y se estima que el crecimiento de este número será exponencial (Bolchini et al., 2009). Es por ello que, en el área de la Bioinformática, se ha evidenciado una creciente necesidad de encontrar una manera adecuada para manejar estos datos en las herramientas utilizadas para la investigación (Bolchini et al., 2009).

La usabilidad como concepto aparece en la década de los ochentas (Bevana et al., 1991). En base las investigaciones sobre Interacción Persona-Computador, la usabilidad describe un atributo de calidad de software que mide lo fácil que son de usar las interfaces gráficas de usuario (Nielsen, 1994a). Realizando una analogía, en base los estudios de Nielsen sobre la productividad de los empleados de una empresa (Nielsen, 2012b), en un laboratorio de investigación, si los científicos pierden tiempo tratando de ubicar una función o realizando tareas simples en un servicio web, el número de publicaciones que realizan disminuye. En este tipo de situaciones se aprecia la importancia de la usabilidad. Según

Jakob Nielsen, una buena práctica es utilizar un diez por ciento del presupuesto del diseño de un proyecto de desarrollo de software en usabilidad (Nielsen, 2012b).

La usabilidad en servicios web es considerada como la habilidad de una aplicación para permitir que el usuario ejecute tareas específicas con eficacia y eficiencia, brindándole satisfacción (Matera et al., 2006). Es por ello que, en el área de la Bioinformática, se ha evidenciado una creciente necesidad de usabilidad en las herramientas utilizadas para la investigación, con el fin de conseguir un manejo adecuado de la gran cantidad de información que se utiliza (Bolchini et al., 2009).

Al realizar una revisión de los estudios de usabilidad en herramientas bioinformáticas, solo se han identificado seis artículos académicos que realizan una evaluación de usabilidad en una herramienta web bioinformática¹. Esto evidencia la escasez de mediciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos altamente usados (Bolchini et al., 2009). Además, los investigadores que se dedican a implementar estas herramientas no cuentan con la experiencia y conocimientos a profundidad sobre desarrollo de software (Mirel & Wright, 2009). Esto conlleva a que no se cuenten con herramientas como lineamientos de diseño de interfaces gráficas de usuario y métodos específicos² para la realización de pruebas de usabilidad en servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009). Por todo esto se evidencia que, en el área de Bioinformática, existe una carencia de lineamientos de diseño de interfaces web usables y métodos para evaluar la usabilidad en servicios web (Bolchini et al., 2009).

Finalmente, la usabilidad en la Bioinformática permite que los investigadores encuentren, interactúen, compartan, comparen y manipulen información de manera eficaz (Bolchini et al., 2009). Un servicio web que no presenta orden en sus componentes, es complicado de usar o no permite realizar búsquedas con facilidad y tiende a tener menos usuarios. Esto ocurre especialmente cuando no se cuenta con experiencia utilizándolo (Nielsen, 2012b). Una herramienta web bioinformática con problemas de usabilidad obliga a que los investigadores tengan que invertir excesivo tiempo y demasiada energía innecesariamente al utilizarlas, deteriorando su experiencia de usuario al utilizar la aplicación (Bolchini et al.,

¹ En el capítulo tres, Estado del arte, de este trabajo se desarrolla la revisión mencionada.

² Referido a lineamientos de diseño y métodos de usabilidad existentes aplicados al contexto de Bioinformática puesto que existen muy pocas propuestas aplicadas a servicios web bioinformáticos que no han sido completamente validadas.

2009). Por ello, se reconoce la ausencia de herramientas que permitan generar reportes de usabilidad en servicios web bioinformáticos, así como falta de análisis del uso de un servicio web bioinformático en función de su usabilidad (Pavelin et al., 2012).

1.1.3 Problema seleccionado

El principal problema, seleccionado para ser solucionado en este trabajo académico, es la carencia de lineamientos de diseño de interfaces gráficas usables y métodos para evaluar la usabilidad en servicios web bioinformáticos validados (Bolchini et al., 2009a).

1.2 Objetivos

En esta sección del capítulo se presentarán el objetivo general, los objetivos específicos y los resultados esperados en este proyecto de fin de carrera.

1.2.1 Objetivo general

En este proyecto de tesis, se ha definido como objetivo general elaborar una propuesta de lineamientos de diseño de interfaces y una propuesta de ajustes a un instrumento para la evaluación de usabilidad, ambos en servicios web bioinformáticos.

1.2.2 Objetivos específicos

- O1. Realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado.
- O2. Proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos.
- O3. Proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos.

1.2.3 Resultados esperados

- O1. Realizar evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos altamente usados.
 - R1. Reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos.
 - R2. Identificación del método e instrumento idóneos a aplicar en las evaluaciones en base a la comparación de métodos ya utilizados en servicios web bioinformáticos.
 - R3. Reporte de resultados de pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método idóneo seleccionado.

- O2. Proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos.
- R4. Ajustes en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos.
- R5. Reporte conteniendo el análisis comparativo entre los resultados obtenidos con el método e instrumento seleccionados para realizar pruebas de usabilidad y con el método e instrumento ajustado para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos.
- O3. Proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos.
- R6. Definición de instrumentos de usabilidad en servicios web bioinformáticos.
- R7. Lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos.



1.2.4 Mapeo de objetivos, resultados y verificación

Tabla 1 Mapeo de O1: Realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado

Objetivo: O1. Realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
R1. Reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos	- Documento de la comparación de características de diferentes métodos de evaluación de usabilidad que ya hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos	-El reporte compara al menos dos métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos. - Aceptación del documento en su totalidad por medio de una revisión cualitativa basada en juicio experto en usabilidad ³
R2. Identificación del método e instrumento idóneos a aplicar en las pruebas en base a la comparación de métodos ya utilizados en servicios web bioinformáticos	- Reporte de selección del método e instrumento de evaluación de usabilidad idóneos ya utilizados en servicios web bioinformáticos	- Aceptación del reporte en su totalidad por medio de una revisión cualitativa basada en juicio experto en usabilidad ³
R3. Reporte de resultados de pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método e instrumento seleccionados	- Documento con los resultados de las pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado utilizando el método e instrumento seleccionados	- Aceptación del documento en su totalidad por medio de una revisión cualitativa basada en juicio experto en usabilidad ³

³ Se contará con un reporte de observaciones que contendrá los comentarios y propuestas de mejora de los expertos de usabilidad. El proceso de revisión se describe en la sección 1.3 de este capítulo.

Tabla 2 Mapeo de O2: Proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos

Objetivo: O2. Proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
R4. Ajustes en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Documentación de los ajustes propuestos en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos - Reporte de evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado utilizando el método e instrumento ajustado para servicios web bioinformáticos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprobación de al menos un 80%⁴ de la documentación por medio de una revisión cualitativa basada en juicio experto en usabilidad⁵ - Aprobación del reporte en su totalidad por medio de una revisión cualitativa basada en juicio experto en usabilidad⁵
R5. Reporte conteniendo el análisis comparativo entre los resultados obtenidos con el método e instrumento seleccionados para realizar pruebas de usabilidad y con el método e instrumento ajustado para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Documento de comparación de los resultados obtenidos con el método para realizar pruebas de usabilidad seleccionado con los resultados obtenidos con el método e instrumento ajustado para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprobación del documento en su totalidad por medio de una revisión cualitativa basada en juicio experto en usabilidad⁵

⁴ Al ser una propuesta, se requiere la aprobación de al menos un 80% de los cambios propuestos.

⁵ Se contará con un reporte de observaciones que contendrá los comentarios y propuestas de mejora de los expertos de usabilidad. El proceso de revisión se describe en la sección 1.3 de este capítulo.

Tabla 3 Mapeo de O3: Proponer lineamientos para el diseño de interfaces para servicios web bioinformáticos

Objetivo: O3. Proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos		
Resultado	Medio de verificación	Indicador objetivamente verificable
R6. Definición de instrumentos de usabilidad en servicios web bioinformáticos	-Documento con la definición de instrumentos de usabilidad en servicios web bioinformáticos.	-Aprobación del documento en su totalidad por medio de una revisión cualitativa basada en juicio experto en usabilidad ⁶
R7. Lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos	- Documento con los lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos - Prototipo de interfaz de una funcionalidad de un servicio web bioinformático diseñado en base a los lineamientos	-Aprobación de al menos un 80% ⁷ de los lineamientos por medio de una revisión cualitativa basada en juicio experto de usabilidad ⁶ - El prototipo cumple con al menos 80% ⁸ de los lineamientos

⁶ Se contará con un reporte de observaciones que contendrá los comentarios y propuestas de mejora de los expertos de usabilidad. El proceso de revisión se describe en la sección 1.3 de este capítulo.

⁷ Al ser una propuesta, se requiere la aprobación de al menos un 80% de los lineamientos.

⁸ Este prototipo es un medio para observar los lineamientos aplicados a la interfaz de un servicio web bioinformático, por ello se requiere cumplir al menos un 80% de los lineamientos propuestos.

1.3 Métodos, procedimientos y herramientas

Para cumplir con los objetivos de este proyecto de fin de carrera, se utilizarán diversos métodos, procedimientos y herramientas con los cuales se busca obtener los diversos resultados esperados.

En primer lugar, se utilizarán métodos para la evaluación de usabilidad en una interfaz gráfica. Existen diversos métodos para realizar inspecciones de usabilidad en un software. Jakob Nielsen en el año 1994 describió siete procedimientos. Entre estos están la evaluación heurística, el recorrido cognitivo, entre otros (Nielsen, 1995). Para este proyecto de fin de carrera se espera realizar pruebas de usabilidad con usuarios de los servicios web bioinformáticos. En este tipo de pruebas, el principal objetivo es mejorar la usabilidad de un producto. También se pueden definir objetivos específicos al momento de realizar el plan de pruebas. Los participantes deben ser, o representar, usuarios reales quienes cumplirán tareas específicas con la herramienta evaluada. Durante esta prueba se debe observar y anotar qué es lo que los participantes hacen y dicen, incluso es recomendable pedir que se piense en voz alta. Finalmente se analizan los datos obtenidos, se realiza un diagnóstico de los problemas encontrados y se proponen cambios para solucionar dichos problemas (Dumas et al., 1999).

Para este proyecto se realizarán perfiles de usuarios, también llamados *user personas* (Brigham, 2013), de servicios web bioinformáticos. Estos son arquetipos hipotéticos de un usuario real (Ferreira et al., 2015). Asimismo, se elaborará un mapa de empatía, también llamado *empathy map* (Ferreira et al., 2015). Este es un método que asiste en el diseño de modelos de negocio en base a las perspectivas del cliente, tomando como referencia su contexto, comportamiento, aspiraciones y preocupaciones (Ferreira et al., 2015).

Adicionalmente, para la revisión de literatura respecto a métodos para la evaluación de usabilidad utilizados en interfaces gráficas web de servicios bioinformáticos se realizará una revisión sistemática. Esta es un tipo de investigación científica que tiene como propósito integrar de forma objetiva y sistemática los resultados de los estudios sobre un determinado problema específico, área temática o fenómeno de interés (Sánchez-Meca, 2010).

Una de las herramientas que apoyará a la realización de estas evaluaciones son los formularios en línea. Estos son cuestionarios en los que un usuario objetivo puede enviar datos en línea (Jain & Karnad, 2017). Estos se utilizarán para recolectar información durante las evaluaciones de usabilidad de servicios web bioinformáticos con usuarios. Para este proyecto de fin de carrera, se trabajará con la herramienta *Google Forms* (Curts, 2017).

Otra de las herramientas a utilizar son las herramientas para la elaboración de prototipos de interfaz gráfica de usuario. La elaboración de prototipos de interfaces gráficas de usuario es un método de desarrollo utilizado para mejorar el planeamiento y ejecución de proyectos de software con fines experimentales (Baumer et al., 1996). Para este proyecto de tesis, se utilizará la herramienta *Adobe Xd* (Huddleston, 2017).

Asimismo, para mantener contacto con las personas involucradas en el proyecto de fin de carrera se trabajará con herramientas de videoconferencia. Estas se utilizan para compartir en tiempo real audio, video y, en algunos casos, pantalla entre dos o más puntos del mundo (Dudding, 2009). Para este proyecto, se utilizará la herramienta *Zoom* (Archibald et al., 2019).

Para la validación de resultados mediante una revisión cualitativa basada en juicio experto en usabilidad se trabajará de la siguiente manera. En primer lugar, luego de obtener el resultado esperado, este será enviado a un experto en el área de Interacción Persona-Computador para su revisión. Este experto luego llenará un acta en donde pondrá su veredicto y sus observaciones en base a una revisión cualitativa del resultado. Se obtiene exitosamente la verificación cuando el veredicto del experto sea “Aceptado” aun cuando podrían quedar algunas observaciones a levantar para mejorar el resultado. En caso el experto tenga observaciones las cuales impiden la aceptación del resultado, su veredicto será “Requiere levantar algunas observaciones”. Cuando esto suceda, se trabajará en realizar los cambios necesarios hasta obtener la validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad. Todas las actas que se elaboren serán anexadas en los resultados obtenidos. Para las propuestas cuantificables⁹ que solo requieren un porcentaje de aprobación, el veredicto “Aceptado” es válido siempre y cuando se apruebe el porcentaje requerido y quede constancia de las observaciones respecto al porcentaje en el acta.

⁹ Estas propuestas se contabilizan según ítems. Por ejemplo, lista de cambios, lineamientos, requerimientos, etc.

Capítulo 2. Marco conceptual

2.1 Introducción

Este marco es el sustento conceptual basado en literatura que enmarca una temática en particular y busca clarificar la situación previa a este trabajo. En esta sección se procederá a presentar los conceptos necesarios para el entendimiento de la presente investigación y el problema central que es la falta de una propuesta de métodos y técnicas de usabilidad en servicios web bioinformáticos. Se utilizarán ejemplos para la comprensión de estos conceptos

2.2 Desarrollo del marco

En la problemática, se describe un latente problema de usabilidad en las herramientas utilizadas en **Bioinformática**. Esta es la aplicación de tecnologías computacionales y la estadística a la gestión y análisis de datos biológicos como lo son las secuencias de ADN y de proteínas (Can, 2014). El problema más común en esta área es el modelamiento de procesos biológicos a nivel molecular y la realización de inferencias a partir de la data recopilada (Can, 2014). Por ejemplo, el alineamiento de secuencias es una forma de representar y comparar dos o más secuencias de ADN o proteínas para resaltar las similitudes que pueden llevar a la conclusión que existen relaciones funcionales o evolutivas entre las cadenas analizadas (Can, 2014). Por ello la Bioinformática utiliza un gran número de datos en sus investigaciones (Can, 2014). El concepto **dato** está definido como símbolos que representan propiedades de objetos y eventos (Ackoff, 1989). Por ejemplo, en el ámbito de Bioinformática, las características de una proteína son consideradas datos.

Existen diversas herramientas y bases de datos que desde la Bioinformática se han desarrollado con el fin de solucionar estos problemas, entre estos se encuentran los **servicios web bioinformáticos**. Según el Instituto Europeo de Bioinformática (EMBL-EBI, por sus siglas en inglés), estos son bases de datos y herramientas que permiten obtener y procesar data biológica para la investigación a través de la web (Cook et al., 2018). Se clasifican según áreas, como ADN y ARN, proteínas, expresiones de genes, estructuras, bioquímica, entre otras (Cook et al., 2018). Por ejemplo, Clustal Omega (Sievers & Higgins, 2018) es un servicio web bioinformático de alineación de secuencias de ADN o proteínas.

El concepto **usabilidad** aparece en la década de los ochentas con el fin de formalizar la noción vaga y subjetiva conocida como “amigable con el usuario” (Bevana et al., 1991). Existen diversas definiciones según diferentes orientaciones, relacionados a las perspectiva

de la usabilidad de un producto, en función a la clase de usuarios estudiados (Bevana et al., 1991). El ISO 9126, que describe el estándar de calidad de software, orientado producto y usuario, define la usabilidad como un conjunto de atributos de software que contribuyen a reducir el esfuerzo requerido en un individuo en el uso de un producto (ISO, 1991). El ISO 9241, que describe el estándar de ergonomía, orientado al uso, define la usabilidad como la efectividad, eficiencia y satisfacción con la que un usuario cumple objetivos particulares en un ambiente particular (ISO, 1992). En 1988, Kenneth Eason orientado en la facilidad de uso, define la usabilidad como el grado en el que los usuarios consiguen utilizar un sistema con las habilidades, conocimientos, estereotipos y experiencias que presenta cada uno (Eason, 1989). Por ejemplo, la usabilidad de un servicio web bioinformático está reflejada en la facilidad con la que sus usuarios lo utilizan y consiguen los resultados esperados.

La usabilidad es un atributo intangible del software y un factor determinante de su calidad. La definición de **calidad de software** ha sido debatida por diversos expertos y no ha sido sencillo llegar a un consenso (Kitchenham & Pfleeger, 1996). Según el estándar 729-1983 de la IEEE, se define como la totalidad de características y funcionalidades de un producto de software que contribuyen a satisfacer los requerimientos de necesidad (Committee, 1983). Por ejemplo, la calidad se ve reflejada en la conformidad de los requerimientos de un software (Committee, 1983). Asimismo, se entiende como el grado en el que un software posee una combinación deseada de atributos, que cumpla con las expectativas de los usuarios (Committee, 1983).

La usabilidad está directamente relacionada con un área interdisciplinaria conformada por la Computación, Psicología, Sociología, Antropología y Diseño Industrial, llamada **Interacción Persona-Computador** (HCI, por sus siglas en inglés). Esta disciplina está definida como el análisis del diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos usados por seres humanos, estudiando los fenómenos más importantes con los que está relacionado (SIGCHI, 1992). Por ejemplo, HCI estudia el uso del teclado, ratón e interfaces gráficas (Kent, 2018). Asimismo, la usabilidad influye en la **experiencia de usuario** (abreviado como UX). Este término tiene diversas connotaciones y la unificación de estas es un reto para los investigadores en HCI (Law et al., 2008). En 1996, Lauralee Alben la define como todos los aspectos de cómo las personas usan un producto interactivo, cómo se entienden su funcionamiento y cómo se sienten al momento de usarlo (Alben, 1996). Por ejemplo, la satisfacción de una persona al utilizar una red social es parte de su experiencia de usuario.

Existen diversos **métodos y técnicas de usabilidad** con la finalidad de evaluar alguna aplicación. Estos están definidos como el conjunto de buenas prácticas para el análisis de interfaces de usuario con el objetivo de encontrar problemas relacionados con la usabilidad (Nielsen, 1994b). Por ejemplo, la evaluación basada en las heurística de Jakob Nielsen (Nielsen, 2005) es una técnica de usabilidad. Como se menciona en el ejemplo, estos son aplicados sobre una **interfaz gráfica de usuario** (GUI, por sus siglas en ingles). Esta es un programa que permite que una persona se comunice con una computadora a través de símbolos, metáforas visuales y dispositivos de puntero (Levy, 2018). Un ejemplo de GUI son los sistemas operativos gráficos como Windows 10 (Bott & Stinson, 2019) que reemplazan las interfaces de texto, facilitando el uso de la computadora para los usuarios.



Capítulo 3. Estado del arte

3.1 Introducción

Para poder realizar un análisis profundo sobre usabilidad en servicios web bioinformáticos se requiere revisar el contexto actual de la problemática en base a publicaciones académicas.

3.2 Objetivos de revisión

En el año 1999, a raíz de la estandarización del ISO 13407 que detalla el diseño basado en el usuario para sistemas interactivos, se incrementó el interés en la usabilidad (Kurosu, 2007). Desde la perspectiva de Bioinformática, mejorar la usabilidad de las herramientas permite que los usuarios encuentren, comparen, manipulen y compartan información de manera eficaz y eficiente (Bolchini et al., 2009). Además, existe evidencia sobre la creciente necesidad de estudios sobre usabilidad en los sistemas de biología computacional (Bolchini et al., 2009). Es por ello que en esta revisión empírica se busca indagar qué trabajos se han realizado sobre la usabilidad en herramientas bioinformáticas, enfatizando en los servicios web.

3.3 Preguntas de revisión

Para cumplir con este objetivo se han planteado las siguientes interrogantes.

- P1. ¿Cómo se describen los principales problemas en términos de usabilidad que se encuentran en servicios web bioinformáticos?
- P2. ¿Qué técnicas y métodos de usabilidad han tenido mayor impacto en la evaluación de servicios web bioinformáticos?
- P3. ¿Cómo son los estándares, propuestas o principios de usabilidad en servicios web bioinformáticos y cuál es la necesidad de estos en la actualidad?

3.4 Estrategia de búsqueda

3.4.1 Motores de búsqueda a usar

Para poder encontrar la literatura que permitirá responder a las incógnitas propuestas se consultarán algunos de los motores de búsqueda existentes. Scopus es una base de datos de artículos STM (ciencia, tecnología y medicina por sus siglas en inglés) que facilita a los investigadores la búsqueda de publicaciones (Burnham, 2006). Por ello, ha sido elegido para esta búsqueda. PubMed es también un servicio de información desarrollado por el Centro Nacional para la Información Biotecnológica de Estados

Unidos (NCBI por sus siglas en inglés) que cubre los temas de biomedicina y salud (Cañedo Andalia et al., 2015). Ya que los artículos que se necesitan tienen énfasis en biología computacional, ha sido elegido como un motor de búsqueda adicional.

3.4.2 Cadenas de búsqueda a usar

La búsqueda será realizada en inglés debido a que no todas las investigaciones se encuentran traducidas al idioma español. En ambos motores, se espera utilizar la opción avanzada que emplea cadenas de búsqueda. Por ello, se han definido una serie de subcadenas que juntas delimitan los resultados de los motores seleccionados. A continuación, se detalla según la sintaxis de Scopus.

- SC1. “Usability” AND “Bioinformatics” AND “Web”: La revisión se enfoca en la usabilidad de servicios web bioinformáticos.
- SC2. “Test” OR “Evaluation” OR “Status” OR “Standard”: Para responder las preguntas planteadas se requiere conocer sobre los métodos y técnicas usados para la evaluación de usabilidad en las herramientas web bioinformáticas, así como indagar sobre algún estándar de usabilidad para estas.
- SC3. SUBJAREA(bioc) OR SUBJAREA(comp) OR SUBJAREA(engi): Esta subcadena define en qué áreas se limitan los resultados, siendo Bioquímica, Genética y Biología Molecular, Ciencias de la Computación e Ingeniería, respectivamente.

Finalmente, las primeras dos subcadenas serán utilizadas para la búsqueda en el título, resumen y palabras claves de las publicaciones y la última subcadena se encargará de filtrar las áreas de los resultados.

```
TITLE-ABS-KEY ("Usability" AND ("Test" OR "Evaluation" OR "Status" OR  
"Standard") AND "Bioinformatics" AND "Web") AND (SUBJAREA(bioc)  
OR SUBJAREA(comp) OR SUBJAREA(engi))
```

La sintaxis para la búsqueda avanzada en PubMed difiere de la de Scopus, además que esta tiene menos opciones como el filtro por áreas. A continuación, se muestra la cadena a utilizar en el segundo motor de búsqueda seleccionado.

```
(Usability[Title/Abstract] AND Bioinformatics[Title/Abstract] AND  
Web[Title/Abstract]) AND (Test[Title/Abstract] OR Status[Title/Abstract]  
OR Evaluation[Title/Abstract] OR Standard[Title/Abstract])
```

Finalmente, luego de realizar las búsquedas con las cadenas planteadas se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4 Resumen numérico de resultados por motor de búsqueda

Motor de búsqueda	Número de publicaciones
Scopus	29
PubMed	10

Se observa que el número de resultados no es grande, por lo que se deduce que no hay muchas publicaciones relacionadas a la usabilidad en servicios web bioinformáticos. Además, siete de los artículos que se encontraron en PubMed también se encuentran entre los resultados de Scopus.

3.4.3 Criterios de inclusión/exclusión

Para la revisión de las treinta y dos publicaciones obtenidas de las búsquedas en los motores seleccionados, es necesario identificar cuál de los resultados es estrictamente relevante para la revisión. Es por ello que a continuación se proponen los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

3.4.3.1 Criterios de inclusión

- CI1. Incluir los resultados cuyo año de publicación se encuentre entre los últimos quince años¹⁰. Si bien en una revisión usualmente se toma en consideración las publicaciones de los últimos seis años, ya que en esta búsqueda el número de resultados es menor debido a los pocos trabajos académicos que se han realizado en este tema es necesario ampliar el número de años a tener en consideración.
- CI2. Incluir las publicaciones que se enfoquen principalmente en herramientas web bioinformáticas que tengan por usuarios principales a científicos investigadores. Entre los resultados se han encontrado algunas publicaciones sobre trabajos

¹⁰ Se toma en referencia la mitad del tiempo transcurrido desde que las publicaciones sobre Interacción Persona-Computador tomaron popularidad (Wichansky, 2000).

académicos de usabilidad en portales web de medicina que, por ejemplo, tiene por usuario principal a un paciente de un hospital. También se han identificado publicaciones sobre herramientas de ontología o motores de búsqueda de artículos académicos científicos. Este tipo de investigaciones no son relevantes para el objetivo de esta revisión.

- CI3. Incluir las publicaciones que describan una evaluación de usabilidad sobre un servicio web bioinformático; detallando métodos, procedimientos o estándares utilizados. Este criterio se sustenta en base al objetivo de la revisión puesto que el tema de este trabajo de fin de carrera es el descrito.

3.4.3.2 Criterios de exclusión

- CE1. Excluir los resultados que sean actas de conferencias (*conference review*). Se ha identificado que este tipo de publicaciones no permitirán responder de manera directa las preguntas planteadas debido a que abordan muchos temas que no están relacionados con el objetivo.
- CE2. Excluir los artículos en idiomas diferentes al español y al inglés. Considerar los resultados en idiomas diferentes a los mencionados representará una dificultad para su análisis puesto que se cuenta con una barrera lingüística y los traductores en línea no son cien por ciento fiables, especialmente en términos académicos.

3.4.4 Estudios primarios

Luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se encontrarán las publicaciones que no son excluidas por los criterios y que cumplen con todos los criterios de inclusión. Estas serán relevantes para responder a las tres preguntas que se plantearon para esta revisión. Se detalla en el siguiente cuadro de resumen por criterios de exclusión.

Tabla 5 Resumen de resultados por criterios de exclusión

Criterios de exclusión	Número de resultados
CE1. Excluir los resultados que sean actas de conferencias (<i>conference review</i>).	2
CE2. Excluir los artículos en idiomas diferentes al español y al inglés.	0
Resultados que no son excluidos	30

Según lo descrito anteriormente, los documentos que no han sido excluidos que serán útiles para absolver las interrogantes planteadas deberán cumplir con los tres criterios de inclusión. Se presenta un cuadro con el resumen de resultados según los criterios de inclusión, resumiendo cuántos podrán ser considerados artículos relevantes.

Tabla 6 Resumen de resultados por criterios de inclusión

Criterios de inclusión	Número de resultados
CI1. Incluir los resultados cuyo año de publicación se encuentre entre los últimos quince años.	30
CI2. Incluir las publicaciones que se enfoquen principalmente en herramientas web bioinformáticas que tengan por usuarios principales a científicos investigadores.	22
CI3. Incluir las publicaciones que describan una evaluación de usabilidad sobre un servicio web bioinformático; detallando métodos, procedimientos o estándares utilizados.	6
Publicaciones no excluidas que cumplen con todos los criterios de inclusión y que son consideradas relevantes.	6

Finalmente, se concluye que solo seis de los resultados cumplen todos los criterios de inclusión y no han sido excluidos. Estos son los que se considerarán como los artículos relevantes de la revisión. A continuación, se presenta la lista de las publicaciones a utilizar para responder a las preguntas, ordenados alfabéticamente por autor.

[E23] Bolchini, D., Finkelstein, A., Perrone, V., & Nagl, S. (2009). Better bioinformatics through usability analysis. *Bioinformatics*, 25(3), 406-412. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btn633>

[E24] Hu, P. J.-H., Zeng, D., Chen, H., Larson, C. A., & Tseng, C. (2007). A Web-Based System for Infectious Disease Data Integration and Sharing: Evaluating Outcome, Task Performance Efficiency, User Information Satisfaction, and Usability. En D. Zeng, I. Gotham, K. Komatsu, C. Lynch, M. Thurmond, D. Madigan, B. Lober, J. Kvach, & H. Chen (Eds.), *Intelligence and Security Informatics: Biosurveillance* (Vol. 4506, pp. 134-146). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72608-1_13

- [E27] Hu, P. J.-H., Zeng, D., Chen, H., Larson, C., Chang, W., Tseng, C., & Ma, J. (2007). System for Infectious Disease Information Sharing and Analysis: Design and Evaluation. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 11(4), 483-492. <https://doi.org/10.1109/TITB.2007.893286>
- [E08] Machado Paixão-Cortes, V., dos Santos da Silva Tanus, M., Paixão-Cortes, W., de Souza, O., de Borba Campos, M., & Silveira, M. (2018). Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF. *Information*, 9(1), 20. <https://doi.org/10.3390/info9010020>
- [E09] Machado Paixão-Cortes, V., Silveira, M., de Borba Campos, M., de Souza, O., & dos Santos da Silva Tanus, M. (2018). WCREf – a web server for the cref protein structure predictor. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 558, 831-838. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-54978-1_103
- [E15] Mcknight, B., & Arpinar, I. B. (2012). Linking and querying genomic datasets using natural language. *2012 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/BIBM.2012.6392724>

3.5 Formulario de extracción de datos

Para poder obtener los datos que serán más útiles para absolver las preguntas propuestas en la revisión se utilizará un formulario de extracción. Se adjunta a este documento, mediante el [anexo A](#), una hoja de cálculo con la estructura e información obtenida de los artículos relevantes. A continuación, se detalla el nombre, descripción y la pregunta a la que se busca responder de cada uno de los campos del formulario de extracción diseñado.

Tabla 7 Descripción del formulario de extracción

Campo	Descripción	Pregunta
ID	E[Número] por ejemplo, E04	General
Motor de búsqueda	Scopus o PubMed	General
Autor(es)	Autor o autores de la publicación	General
Título	Título de la publicación	General
Tipo de fuente	Artículo, <i>paper</i> de conferencia, etc.	General
Fuente	Dónde se publicó	General
Año	En qué año fue publicado	General
Resumen	También llamado <i>Abstract</i>	General
Criterios aplicados	Descripción de qué criterios se han aplicado en el resultado	General
Caso de estudio	Se refiere a un caso de estudio de usabilidad en alguna herramienta web de bioinformática	General
Problemas de usabilidad encontrado	Según el análisis de las herramientas, qué resultados se obtuvieron de las pruebas de usabilidad	P1
Métodos y técnicas usados para las pruebas de usabilidad	Qué procedimiento se utilizar para evaluar las herramientas bioinformáticas en términos de usabilidad	P2
Estándar de usabilidad descrito	Estándares de usabilidad referenciados para servicios web bioinformáticos	P3

3.6 Resultados de la revisión

Tomando como referencia los artículos relevantes y la información obtenida mediante el formulario de extracción se procede a responder a las preguntas planteadas para la revisión.

3.6.1 Respuesta a ¿Cómo se describen los principales problemas en términos de usabilidad que se encuentran en servicios web bioinformáticos?

Se han encontrado pocos estudios sobre usabilidad en servicios web bioinformáticos. Sin embargo, muchos de estos han identificado problemas similares en las herramientas que fueron evaluadas. En primer lugar, se observó que, en algunas de las aplicaciones, existen problemas de diseño respecto a la navegabilidad (Bolchini et al., 2009; Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). La secuencia de interfaces es confusa; además no se cuenta con una opción que permita al usuario visualizar el recorrido que ha realizado y su ubicación actual en la herramienta (Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). Así mismo, los enlaces entre las interfaces presentaron inconsistencias, redirigiendo a pantallas de versiones anteriores de las herramientas (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). Estos problemas incrementan la posibilidad de que un usuario no logre obtener los resultados que espera.

Otro de los principales problemas identificados en estos estudios fue respecto a la flexibilidad que brindan las herramientas. Se encontró que algunas de las herramientas analizadas no contaban con una opción para deshacer alguna acción (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018; Mcknight & Arpinar, 2012). Esto representa una dificultad para los usuarios al momento de realizar alguna corrección cuando obtienen un resultado no deseado.

Adicionalmente, también se encontraron problemas que afectan la eficiencia de uso de las herramientas (Bolchini et al., 2009; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018, 2018; Mcknight & Arpinar, 2012). Por ejemplo, en la herramienta CATH (Dawson et al., 2017), las superfamilias de los datos se encontraban ordenadas por código (Bolchini et al., 2009). Sin embargo, los usuarios requieren, en muchos de los casos, ubicar una superfamilia por nombre y no se contaba con una opción que facilite dicha búsqueda (Bolchini et al., 2009). Por ello, los usuarios tenían que revisar cada una de las páginas con 15 superfamilias del total de 1459 de la herramienta a fin de ubicar la que requerían (Bolchini et al., 2009). Este tipo de problemas que limitan la flexibilidad y la eficiencia en el uso de estas herramientas, inhiben la motivación de los usuarios y los obligan a desperdiciar su tiempo y energía en sus labores (Bolchini et al., 2009).

Por último, uno de los principales problemas encontrados en servicios web bioinformáticos es la dificultad de aprendizaje de estos (Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). Se identificó que muchas herramientas no siguen patrones de diseño estandarizados para sus interfaces, lo que dificulta su aprendizaje y uso (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). Por ejemplo, en los servidores de predicción de estructuras 3D de proteínas I-TASSER (Zhang, 2008), QUARK (Zhang, 2014) y Robetta (Kim et al., 2004) se identificó que los menús en distintas interfaces de las herramientas cambian de posición (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). Para el usuario esto representa una dificultad en el uso y aprendizaje de estas aplicaciones. Por otro lado, se observaron diversos problemas con los mensajes de error de algunas aplicaciones (Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007, 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). En algunos casos, los errores no presentan algún estándar de colores y símbolos que los diferencien de los demás mensajes para llamar la atención (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). Así mismo, en muchas de estas herramientas no se utiliza un lenguaje fácil de entender (Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007). Por el contrario, el que se utiliza presenta diversos tecnicismos que dificulta el entendimiento de la herramienta para usuarios con poca experiencia (Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007). Finalmente, se identificó que se requieren mensajes de ayuda, instrucciones y documentación que faciliten el uso y aprendizaje de las herramientas (Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007). Así, los que requieran utilizar estas herramientas web bioinformáticas serán capaces de aprender cómo usarlas de manera más fácil y reconocer eficazmente los errores que puedan cometer.

En suma, si se toman como base las diez heurísticas de usabilidad propuestas por Jakob Nielsen (Nielsen, 2005), los principales problemas en términos de usabilidad que se han encontrado en servicios web bioinformáticos, según los casos de estudio analizados, están relacionados con la visibilidad del estado del sistema, la flexibilidad y eficiencia de uso, la libertad y control del usuario, la ayuda al reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores y la documentación de ayuda de las herramientas web bioinformáticas.

3.6.2 Respuesta a ¿Qué técnicas y métodos de usabilidad han tenido mayor impacto en la evaluación de servicios web bioinformáticos?

Según Nielsen, las metodologías de evaluación de una interfaz de usuario pueden ser clasificadas en cuatro categorías: formales, basadas en alguna técnica de análisis; automáticas, por medio de algún procedimiento computacional; empíricas, mediante evaluaciones con usuarios y heurísticas, basados en la visión y opinión de expertos (Nielsen & Molich, 1990). A pesar que no se encontraron muchos casos de estudio sobre usabilidad en servicios web bioinformáticos, se identificó que los métodos utilizados en las evaluaciones pertenecen a dos de estas categorías.

En primer lugar, algunos de estos estudios utilizaron pruebas heurísticas (Bolchini et al., 2009; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). Estas son un método de análisis de usabilidad en la que se presenta una interfaz a un número de evaluadores para que la analicen y emitan un comentario sobre esta, basándose en heurísticas (Nielsen & Molich, 1990). Los evaluadores se encargan de observar la interfaz y opinar sobre los puntos positivos y negativos de esta (Nielsen & Molich, 1990). Se utilizaron dos conjuntos de heurísticas distintas en estos estudios de usabilidad. Uno de estos fue las diez heurísticas definidas por Jakob Nielsen (Nielsen, 2005), en donde un grupo de cuatro expertos en Interacción Persona-Computador se encargaron de evaluar las interfaces de diversas herramientas web bioinformáticas (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). No obstante, en otro de los casos de estudio se utilizaron las heurísticas MILE+ (Bolchini & Garzotto, 2007) para realizar una inspección a la interfaz gráfica de CATH (Dawson et al., 2017), una herramienta clasificadora de estructuras de proteínas (Bolchini et al., 2009). Estas heurísticas tienen como objetivo medir el rendimiento, la eficiencia, el costo efectivo y la facilidad de aprendizaje de una aplicación (Bolchini & Garzotto, 2007).

Otro de los métodos utilizados para el estudio de usabilidad de servicios web bioinformáticos fue la evaluación basada en pruebas con usuarios (Bolchini et al., 2009; Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Mcknight & Arpinar, 2012). Uno de los casos de estudio utilizó pruebas con usuarios pensando en voz alta (*thinking aloud*) contando con algunos investigadores como participantes (Bolchini et al., 2009). En este tipo de pruebas, un grupo de usuarios es seleccionados para realizar una serie de acciones guiadas para evaluar la funcionalidad de una interfaz (Granic et al., 2008). El objetivo es

analizar la eficiencia y eficacia del usuario al momento de interactuar con la herramienta web (Granic et al., 2008). Por otro lado, otras publicaciones que evalúan a una herramienta web bioinformática en términos de usabilidad realizaron pruebas con usuarios mediante cuestionarios (Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Mcknight & Arpinar, 2012). Esta técnica aplica una encuesta diseñada por expertos en la materia sobre usuarios actuales o potenciales para medir la usabilidad de una interfaz (Hassan Montero, 2002). Estos de caso de estudio se basaron en los cuestionarios SUS (Brooke, 1996), QUIS (Chin et al., 1988) y de Ssemugabi (Ssemugabi & de Villiers, 2007). Los usuarios que respondieron a estas encuestas fueron en su mayoría investigadores, profesores y estudiantes universitarios que estaban familiarizados con las herramientas a utilizar (Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Mcknight & Arpinar, 2012).

En conclusión, las técnicas y métodos que se utilizan en la evaluación de servicios web bioinformáticos, según los casos de estudio, están basados en los métodos de evaluación heurística mediante expertos y los métodos de evaluación con usuarios como las pruebas con usuarios pensando en voz alta (*thinking aloud*) y cuestionarios aplicados de manera remota.

3.6.3 Respuesta a ¿Cómo son los estándares, propuestas o principios de usabilidad en servicios web bioinformáticos y cuál es la necesidad de estos en la actualidad?

Desde hace más de treinta años, un extenso número de estándares han sido elaborados para definir los principios generales del diseño basado en el usuario y las buenas prácticas en el diseño de interfaces gráficas (Bevan, 2001). Estos estándares, relacionados con la interacción humano-computador y la usabilidad, son desarrollados bajo el auspicio de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC por sus siglas en inglés) (Bevan, 2001).

Al analizar los resultados relevantes de la revisión se observó que ninguno hace mención de algún estándar de usabilidad utilizado en los servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009; Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007, 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018; Mcknight & Arpinar, 2012). Sin embargo, se hace énfasis en que un objetivo a largo plazo es definir

patrones de diseño y herramientas conceptuales para promover el diseño centrado en el usuario en el desarrollo de herramientas bioinformáticas (Bolchini et al., 2009).

En uno de los casos de estudio, mediante la inspección heurística de herramientas web bioinformáticas se elaboraron requerimientos no funcionales para el desarrollo de la herramienta wCReF (Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018). Así mismo, con los resultados y la posterior evaluación en términos de usabilidad de la herramienta desarrollada, se propuso una guía de diseño, clasificada según las diez heurísticas de Nielsen (Nielsen, 2005), para interfaces de servicios web bioinformáticos (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018). Por ejemplo, una de las recomendaciones de la guía, respecto a la coincidencia entre el sistema y el mundo real (Nielsen, 2005), especifica el uso de botones o íconos que simbolicen acciones familiares para los usuarios como retroceder, avanzar, menú principal, guardar, entre otros (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018).

Finalmente, en base a los casos de estudio revisados, se concluye que no se tiene como referencia algún estándar de usabilidad para servicios web bioinformáticos. Sin embargo, se ha identificado que se reconoce la necesidad de estos para facilitar la estandarización de interfaces de servicios web bioinformáticos y el diseño centrado en el usuario (Bolchini et al., 2009).

3.7 Conclusiones

De esta revisión se concluye que se han encontrado diversos problemas de usabilidad en las herramientas web bioinformáticas evaluadas. (Bolchini et al., 2009; Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007; Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018; Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018; Mcknight & Arpinar, 2012). Estos representan un factor de frustración y gasto de recursos como el tiempo de los investigadores que realizan trabajos utilizados estos servicios (Bolchini et al., 2009). Asimismo, se reconoce en estos estudios la necesidad de usabilidad en Bioinformática se ha dado en los últimos años y la necesidad de una propuesta de técnicas y métodos de usabilidad orientados al desarrollo y evaluación de servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009).

Capítulo 4. Evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático

4.1 Introducción

En este capítulo se presentarán los resultados alcanzados para el primer objetivo específico de este proyecto de fin de carrera¹¹. Como primer problema a atacar en este proyecto de tesis se encuentra la escasez de mediciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos. Para ello, se ha planteado que el primer objetivo específico a lograr sea realizar evaluaciones en un servicio web bioinformático altamente usado. Este objetivo es base para lograr los siguientes, debido a que se requiere realizar evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos para identificar puntos de mejora.

4.2 Resultados alcanzados

Con el fin de lograr el primer objetivo específico de este proyecto se plantearon una serie de resultados esperados a conseguir mediante una lista de actividades. Esta se encuentra detallada en el [anexo B](#) del presente documento titulado Plan de tesis. A continuación, se procede a describir cada uno de estos resultados.

4.2.1 Comparación de características entre métodos de usabilidad

El primer resultado alcanzado en este proyecto de tesis es un reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que ya hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos. Este se verifica por medio de un documento en el que se presentan y comparan los diferentes métodos que con anterioridad han sido utilizados en servicios web bioinformáticos. Estos métodos han sido identificados gracias a la revisión sistemática realizada en el capítulo 3 en el que se detalla el estado del arte del presente proyecto de tesis. Los métodos se restringen únicamente a método no heurísticos según el alcance definido en el presente¹². Se elaboró un cuadro comparativo en base a la literatura relacionada a los métodos seleccionados que se puede apreciar en la tabla 8. El objetivo de este cuadro es permitir observar las principales características de los métodos de manera efectiva.

¹¹ Realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado.

¹² Especificado en la sección Alcance del [anexo B](#): Plan de tesis.

Tabla 8 Cuadro comparativo entre métodos de evaluación de usabilidad aplicados a servicios web bioinformáticos

Características	Prueba con usuarios mediante cuestionarios	Prueba con usuarios pensando en voz alta
Breve descripción	El evaluador no observa directamente al usuario mientras se utiliza la aplicación a evaluar, en cambio se utiliza como instrumentos las encuestas para recolectar datos de la experiencia del participante (Fidas et al., 2007).	Los participantes en el evaluación deben expresar sus pensamientos mientras ejecutan tareas utilizando la aplicación a evaluar (Nielsen, 2012a).
Tipo de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Exploratorio (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluativo (Fidas et al., 2007)
Tipos de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativos (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cualitativos (Nielsen, 2012a)
Etapas del desarrollo en el que puede ser aplicado	<ul style="list-style-type: none"> • En todas las etapas (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • En todas las etapas (Nielsen, 2012a)
Requerimientos mínimos para ser aplicados de forma remota	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma de cuestionarios en línea (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Medio de comunicación directo de audio (Fidas et al., 2007) • Aplicación para compartir la pantalla del participante (Fidas et al., 2007)

<p>Principales beneficios</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Económico: No requiere de equipamiento especial (Fidas et al., 2007) • Práctico: Puede ser aplicado con un número grande de usuarios (Fidas et al., 2007) • Realístico: El usuario utiliza el software en un entorno más cercano al real (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Económico: No requiere de equipamiento especial (Nielsen, 2012a) • Robusto: Los resultados son buenos aun cuando no se sigue la metodología al pie de la letra (Nielsen, 2012a) • Flexible: Se puede aplicar el método en cualquiera de las etapas del desarrollo (Nielsen, 2012a)
<p>Principales inconvenientes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para entablar confianza con el usuario participante (Fidas et al., 2007) • No se pueden capturar las expresiones faciales de los usuarios (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • El contexto de la evaluación no es cercano al contexto real (Nielsen, 2012a) • Existe el riesgo que el usuario participante no comparta todos sus pensamientos en voz alta (Nielsen, 2012a)

El documento con el reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos se encuentra en el [anexo D](#) a este documento. En la introducción de este se encuentra una breve descripción respecto al resultado esperado. En la segunda sección se encuentra la presentación de cada método a comparar, siendo estos la prueba remota con usuarios mediante cuestionarios y la prueba con usuarios pensando en voz alta (*thinking aloud*). Finalmente, en el documento se encuentra un cuadro comparativo respecto a las características de los métodos mencionados anteriormente, así como sus principales ventajas y desventajas. Para la verificación de este resultado se tiene una medición y una validación.

En primer lugar, se ha medido que el número de métodos de usabilidad comparados es mayor o igual a dos, cumpliendo con el primer indicador objetivamente verificable propuesto en el capítulo 1 de este documento. Además, a través del juicio experto en usabilidad por parte de un investigador en Interacción Persona-Computador se obtuvo la aceptación del documento sin ninguna observación por levantar. Esto cumple con el segundo indicador objetivamente verificable propuesto en el capítulo 1 de este documento.

4.2.2 Método e instrumento de evaluación de usabilidad seleccionados

El segundo resultado alcanzado en este proyecto de tesis es la identificación del método e instrumento idóneos a aplicar en las evaluaciones de usabilidad en base a la comparación de métodos ya utilizados en servicios web bioinformáticos. Este resultado se logra por medio de un documento en el que se presenta el contexto del uso de servicios web bioinformáticos y algunos requerimientos necesarios para aplicar una evaluación de usabilidad sobre este tipo de herramientas. Se realiza una discusión respecto a todo lo mencionado anteriormente y, mediante la comparación de características elaborada en el resultado anterior, se llega a una conclusión. Se han considerado los servicios web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular - Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés) como se especifica en la definición del alcance del proyecto de tesis¹³.

El documento con el reporte de selección del método de evaluación de usabilidad idóneo ya utilizado en servicios web bioinformáticos se encuentra en el [anexo E](#) a este documento.

¹³ Especificado en la sección Alcance del [anexo B](#): Plan de tesis.

Este cuenta con una introducción al resultado esperado, una explicación del contexto y el uso de los servicios web bioinformáticos, utilizando datos estadísticos ofrecidos por el EMBL-EBI. En base a lo anterior, se realiza una discusión respecto a algunas necesidades que se requieren cumplir para realizar evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos. Se realiza una relación de estas necesidades con las características de los métodos no heurísticos ya utilizados en servicio web bioinformáticos descritos en el resultado anterior. Finalmente se presenta como conclusión a este reporte que la prueba con usuarios mediante cuestionario (Fidas et al., 2007) utilizando el instrumento SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) es el método de evaluación de usabilidad idóneo ya utilizado en servicios web bioinformáticos.

A través del juicio experto en usabilidad por parte de un investigador en Interacción Persona-Computador se obtuvo la aceptación del documento. En los apéndices del reporte de selección se encuentra el acta elaborada por el experto. Esto cumple con el indicador objetivamente verificable propuesto en el capítulo 1 de este documento.

4.2.3 Resultados de la evaluación de usabilidad en Pfam

El tercer resultado alcanzado en este proyecto de tesis es el reporte de resultados de pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método e instrumento seleccionados. Este resultado se obtuvo utilizando un método de evaluación de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente utilizado, lo que produce un reporte de resultados. El método e instrumento a utilizar han sido seleccionados en el resultado anterior. Para este reporte, se ha trabajado con el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019), ofrecido por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular – Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés).

El documento con el reporte de resultados de pruebas de usabilidad en Pfam (El-Gebali et al., 2019) se encuentra en el [anexo F](#) a este documento. Este cuenta con una introducción sobre el resultado esperado a alcanzar y una descripción de los prerequisites para realizar la evaluación.

Como inicio de la descripción, se explica por qué Pfam (El-Gebali et al., 2019), el servicio web bioinformático a evaluar, es altamente usado en la investigación relacionada a Bioinformática. Se describe también el método seleccionado, la prueba con usuario mediante cuestionarios (Fidas et al., 2007), junto a el instrumento SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) que son utilizados en la evaluación. El

cuestionario se aplica por medio de la herramienta de formularios en línea *Google Forms*¹⁴. En el documento se encuentran anexadas capturas de pantalla de todas las secciones del formulario. Asimismo, basado en las categorías de Sauro, se describen las interpretaciones a realizar con el resultado final obtenido por medio del cuestionario SUS. (Sauro, 2018).

En la siguiente sección del reporte, se describen los resultados obtenidos. Se realiza una descripción demográfica sobre los participantes en la evaluación y se detallan las respuestas obtenidas en cada una de las preguntas del cuestionario SUS. En la tabla 9 se puede observar de manera resumida las respuestas que marcaron los participantes respecto a cada afirmación del cuestionario.

Finalmente, se realiza el cálculo del puntaje SUS obtenido en la evaluación y se realiza la interpretación en base a las categorías de Sauro (Sauro, 2018). Se concluye que el puntaje SUS obtenido en la evaluación de la interfaz gráfica de Pfam es de aproximadamente 64.79, interpretado como una interfaz casi buena en términos de usabilidad, neutral respecto a la admisibilidad, calificado con C-, que se encuentra entre los percentiles 35 y 40. Los usuarios de este servicio web bioinformático podrían presentar una tendencia a ser pasivos respecto a recomendarlo o no.

A través del juicio experto en usabilidad por parte de un investigador en Interacción Persona-Computador se obtuvo la aceptación del documento. En los apéndices del reporte de resultados se encuentra el acta elaborada por el experto. Esto cumple con el indicador objetivamente verificable propuesto en el capítulo 1 de este documento.

¹⁴ Ofrecida como parte del paquete GSuite, <https://gsuite.google.com/intl/es-419/products/forms/>

Tabla 9 Resumen de resultados obtenidos del cuestionario SUS respecto a Pfam

Cuestionario SUS (Brooke, 1996)	1	2	3	4	5
1. <i>I think that I would like to use this system frequently</i>	0	2	4	3	3
2. <i>I found the system unnecessarily complex</i>	3	3	4	2	0
3. <i>I thought the system was easy to use</i>	0	2	5	2	3
4. <i>I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system</i>	3	2	6	1	0
5. <i>I found the various functions in this system were well integrated</i>	1	0	3	4	4
6. <i>I thought there was too much inconsistency in this system</i>	4	2	6	0	0
7. <i>I would imagine that most people would learn to use this system very quickly</i>	0	1	5	4	2
8. <i>I found the system very cumbersome to use</i>	3	1	7	0	1
9. <i>I felt very confident using the system</i>	0	0	5	6	1
10. <i>I needed to learn a lot of things before I could get going with this system</i>	3	1	6	1	1

4.3 Discusión

Para atacar el problema inicial que genera la falta de métodos específicos para realizar pruebas de usabilidad en servicios web bioinformáticos y la ausencia de lineamientos de diseño de interfaces gráficas usables en este tipo de servicios web se obtuvieron tres resultados específicos.

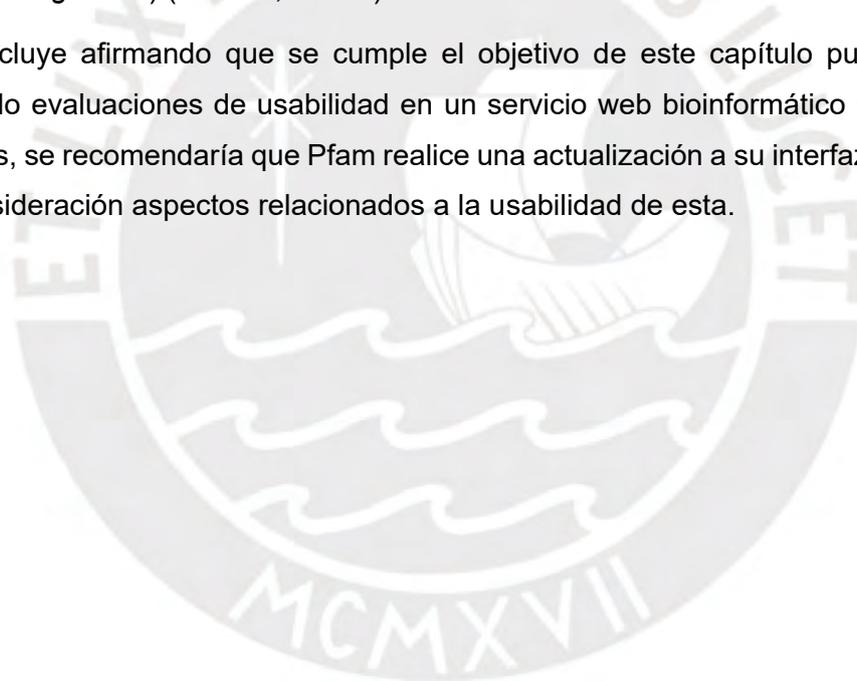
En primer lugar, se obtuvo un reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que ya hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos. Para este se consideraron dos métodos no heurísticos, la evaluación remota con usuarios por medio de encuestas y la prueba con usuarios pensando en voz alta (*thinking aloud*). Uno de los trabajos futuros para este reporte fuera de este proyecto de fin de carrera podría ser añadir el método de evaluación heurística, que ya ha sido utilizado en servicios web bioinformáticos. Además, se podrían añadir otros métodos de evaluación de usabilidad que no hayan sido utilizados aún en servicios web bioinformáticos como el recorrido cognitivo. Esta comparación de características de los métodos utilizados en evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos ha sido importante para la obtención del siguiente resultado.

Con este reporte, fue posible realizar una discusión sobre cuál de estos métodos sería idóneo aplicar en base al contexto respecto al uso de servicios web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular – Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés). Se llegó a la conclusión que la prueba con usuarios mediante cuestionarios (Fidas et al., 2007) utilizando el instrumento SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) es el método idóneo a aplicar. Como un trabajo futuro en este reporte fuera del proyecto de tesis podría ser considerar el contexto actual respecto al uso de servicios web bioinformáticos que son ofrecidos por otras organizaciones como el NCBI (Centro Nacional para la Información Biotecnológica, por sus siglas en inglés), ubicado en Estados Unidos. Además, se podrían añadir a la discusión otro tipo de herramientas utilizadas en la investigación biotecnológica. Este resultado determinó las pautas a seguir para la obtención del último resultado de este capítulo.

Con los resultados anteriores, fue posible realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado. Se definieron las herramientas necesarias para realizar una evaluación de usabilidad al servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019), ofrecido por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular – Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés). Se trabajó con un formulario en línea

elaborado en Google Forms utilizando el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés). También se definieron las categorías para la interpretación del puntaje final en base al trabajo de Sauro (Sauro, 2018). Se obtuvo un puntaje SUS de aproximadamente 64.79 para la interfaz gráfica de Pfam. Esto es interpretado como una interfaz casi buena en términos de usabilidad, que se ubica entre el percentil 35 y 40. Es considerado como neutral, calificado con C- y sus usuarios podrían presentar una tendencia a no tener una opinión sobre el servicio web bioinformático. Como trabajo futuro en este resultado fuera del proyecto de tesis se podrían considerar evaluar otros servicios web bioinformáticos altamente usados como Clustal Omega (Sievers & Higgins, 2018) y HMMER (Potter et al., 2018). Además, se podría considerar un mayor número de participantes y otros métodos de evaluación como la prueba con usuarios pensando en voz alta (*thinking aloud*) (Nielsen, 2012a).

Se concluye afirmando que se cumple el objetivo de este capítulo puesto que se han realizado evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado. Además, se recomendaría que Pfam realice una actualización a su interfaz gráfica tomando en consideración aspectos relacionados a la usabilidad de esta.



Capítulo 5. Instrumento de evaluación de usabilidad para servicios web bioinformáticos

5.1 Introducción

En este capítulo se presentarán los resultados alcanzados para el segundo objetivo específico de este proyecto de fin de carrera¹⁵. Un problema causa de la problemática central a atacar en este proyecto de tesis es la falta de métodos específicos para realizar evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos. Para ello, se ha planteado que el segundo objetivo específico a lograr sea proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos. Este objetivo es importante para poder obtener una mejor visión respecto a la usabilidad de las interfaces de los servicios web bioinformáticos.

5.2 Resultados alcanzados

Con el fin de lograr el segundo objetivo específico de este proyecto se plantearon una serie de resultados esperados a conseguir mediante diversas actividades. Estas se encuentran detalladas en el [anexo B](#) del presente documento titulado Plan de tesis. A continuación, se procede a describir cada uno de estos resultados.

5.2.1 Cuestionario ajustado propuesto: SUS-BWS

El cuarto resultado alcanzado en este proyecto de tesis es la relación y explicación de los ajustes propuestos en el instrumento de evaluación seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos. Este se verifica por dos medios. El primero es la documentación de los ajustes propuestos en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos. Como se determinó en el objetivo anterior, el método seleccionado para este proyecto de tesis es la evaluación de usabilidad remota con usuario por medio de cuestionarios (Fidas et al., 2007). Además, el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado es el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996). En base a las evaluaciones de usabilidad aplicadas al servicio web bioinformático altamente usado Pfam (El-Gebali et al., 2019), se propuso una serie de ajustes al cuestionario para enfocarlo a servicios web bioinformáticos. Para esto,

¹⁵ Proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos

se realizó un análisis basado en el Modelo de adopción de método (MAM, *Method Adoption Model* por sus siglas en inglés) propuesto por Moody, que describe constructos de percepción e intención (Moody, 2001). Luego, se realiza una discusión en base al análisis y a literatura sobre usabilidad en servicios web bioinformáticos. Por último, se enumeran, se describen y se justifican las propuestas de ajustes al cuestionario SUS (Brooke, 1996) para finalmente presentar al cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés). En la figura 2 se presenta este cuestionario ajustado propuesto.

	Strongly Agree	Strongly Disagree
1. I think I would like to use this service frequently	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
2. I found the service unnecessarily complex	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
3. I thought the service was easy to use	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
4. I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use this service	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
5. I found the various functionalities in this service were well integrated	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
6. I thought there was too much inconsistency on the options of this service	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
7. I would imagine that most people would learn to use this service very quickly	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
8. I found the service very uncomfortable to use	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
9. I felt very confident using the service	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
10. I need to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	

Figura 2 Cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés)

La descripción del instrumento seleccionado, el análisis, la discusión y la documentación de los ajustes propuestos se encuentran en el [anexo G](#) del presente documento.

A través del juicio experto en usabilidad por parte de un investigador del área de Interacción Persona-Computador se obtuvo la aceptación del documento. En los apéndices de la documentación se encuentra el acta elaborada por el experto. Esto cumple con el primer indicador objetivamente verificable propuesto para este resultado en el capítulo 1 del presente documento.

El segundo medio de verificación es un reporte de evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado utilizando el método e instrumento ajustado para servicios web bioinformáticos. Este resultado se obtuvo utilizando un método de evaluación de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente utilizado, lo que produce un reporte de resultados. El método a aplicar ha sido seleccionado en el objetivo anterior y el instrumento a utilizar es el cuestionario ajustado propuesto en este resultado. Para este reporte, se ha trabajado con el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019), ofrecido por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular – Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés).

El documento con el reporte de resultados de pruebas de usabilidad en Pfam (El-Gebali et al., 2019) se encuentra en el [anexo H](#) del presente documento. Este cuenta con una introducción sobre el resultado a alcanzar y una descripción de los prerrequisitos para realizar la evaluación.

Como inicio de la descripción, se explica por qué Pfam (El-Gebali et al., 2019), el servicio web bioinformático a evaluar, es altamente usado en la investigación relacionada a Bioinformática. Se describe también el método seleccionado, la prueba con usuario mediante cuestionarios (Fidas et al., 2007), junto a el instrumento ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés) que son utilizados en la evaluación. El cuestionario se aplica por medio de la herramienta de formularios en línea *Google Forms*¹⁶. En dicho documento se encuentran anexadas capturas de pantalla de todas las secciones del formulario. Asimismo, basado en las

¹⁶ Ofrecida como parte del paquete GSuite, <https://gsuite.google.com/intl/es-419/products/forms/>

categorías de Sauro, se describen las interpretaciones a realizar con el resultado final obtenido por medio del cuestionario ajustado propuesto SUS-WBS (Sauro, 2018).

En la siguiente sección del reporte, se describen los resultados obtenidos. Se realiza una descripción demográfica sobre los participantes en la evaluación y se detallan las respuestas obtenidas en cada una de las preguntas del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS. En la tabla 10 se puede observar de manera resumida las respuestas que marcaron los participantes respecto a cada afirmación del cuestionario.

Finalmente, se realiza el cálculo del puntaje SUS obtenido en la evaluación y se realiza la interpretación en base a las categorías de Sauro (Sauro, 2018). Se concluye que el puntaje SUS obtenido en esta evaluación de la interfaz gráfica de Pfaam es de 59.25, interpretado como una interfaz OK en términos de usabilidad, neutral respecto a la admisibilidad, calificado con C, que se encuentra entre los percentiles 41 y 59. Los usuarios de Pfaam podrían presentar una tendencia a no recomendar este servicio web bioinformático.

A través del juicio experto en usabilidad por parte de un investigador del área de Interacción Persona-Computador se obtuvo la aceptación del documento. En los apéndices del reporte se encuentra el acta elaborada por el experto. Esto cumple con el segundo indicador objetivamente verificable propuesto para este resultado en el capítulo 1 del presente documento.

Tabla 10 Resumen de resultados obtenidos del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS respecto a Pfam

Cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS	1	2	3	4	5
1. <i>I think that I would like to use this service frequently</i>	0	0	2	6	2
2. <i>I found the service unnecessarily complex</i>	1	3	4	1	1
3. <i>I thought the service was easy to use</i>	0	2	4	3	1
4. <i>I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service</i>	2	2	2	2	2
5. <i>I found the various functionalities in this service were well integrated</i>	0	0	3	6	1
6. <i>I thought there was too much inconsistency on the options of this service</i>	2	2	3	3	0
7. <i>I would imagine that most people would learn to use this service very quickly</i>	0	2	3	5	0
8. <i>I found the service very uncomfortable to use</i>	2	4	2	2	0
9. <i>I felt very confident using the service</i>	0	3	2	2	3
10. <i>I needed to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service</i>	0	3	2	4	1

5.2.2 Comparación de resultados obtenidos en las evaluaciones

El quinto resultado de este proyecto de tesis es la comparación entre los resultados obtenidos con el método e instrumento idóneos seleccionados para realizar pruebas de usabilidad y con el método e instrumento ajustado para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos. Este se verifica por medio de un reporte que contiene la descripción de los métodos, herramientas e instrumento de evaluaciones utilizados en ambas evaluaciones, una comparación de los datos demográficos de ambos grupos de participantes, una comparación de las respuestas obtenidas en cada una de las afirmaciones del cuestionario, una discusión y las conclusiones de la comparación.

Como se ha descrito en los resultados anteriores, se ha utilizado el método de evaluación remota con usuarios por medio de cuestionario (Fidas et al., 2007). Además, se ha trabajado con dos instrumentos de evaluación diferentes, el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) y el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés).

Luego de comparar las respuestas obtenidas con los cuestionario respecto al servicio web bioinformático altamente usado Pfam (El-Gebali et al., 2019), se encontró que las diferencias en las respuestas de ciertas afirmaciones se deben a los ajustes realizados al instrumento SUS, puesto que brindan una pregunta clara al usuario respecto a los servicios web bioinformáticos.

Por ejemplo, en el gráfico 1 se puede observar la variación de respuestas en la cuarta afirmación "*I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system / I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service*". En esta afirmación el ajuste cambió la necesidad de una persona técnica por la necesidad de leer mucha documentación sobre el servicio web bioinformático, puesto que es más cercano a la realidad de este tipo de servicios.

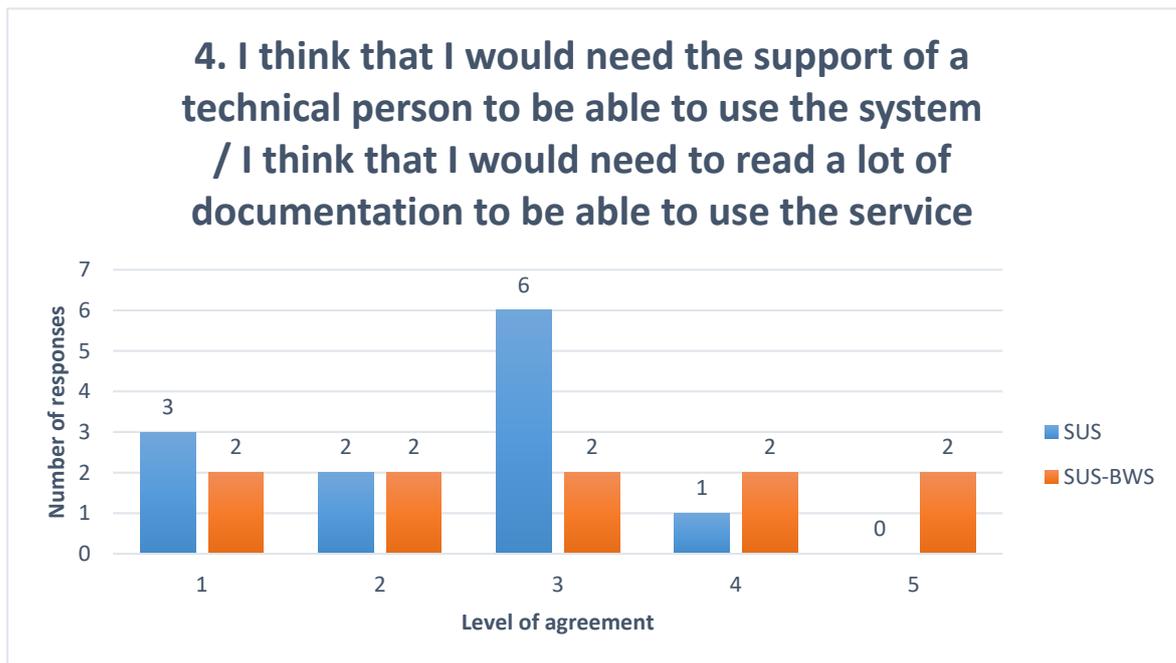


Gráfico 1 Respuestas a "4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system / I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service"

Se encontró que el puntaje promedio final obtenido con el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS resultó menor que el puntaje final promedio obtenido con el cuestionario SUS, como se observa en el gráfico 2. Tomando como referencia las categorías descritas por Sauro para la interpretación de puntajes SUS (Sauro, 2018), se observa en la tabla 11 la diferencia de categorías según cuestionario aplicado.

Adicionalmente, se realizó una encuesta de opinión a diversos usuarios de servicios web bioinformáticos respecto a la precisión de los instrumentos utilizados. En los resultados, se observó que la mayoría estuvo de acuerdo en que las afirmaciones del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS son más precisas para casi todos los escenarios de evaluación de usabilidad para este tipo de servicios.

Partiendo de los pocos trabajos¹⁷ realizados respecto a usabilidad en servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009), se puede tener como hipótesis que el nivel de usabilidad en el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019) no es alto. Es por ello que al utilizar el cuestionario ajustado propuesto SUS-WBS se obtuvo un resultado más cercano a la realidad del que se obtuvo con el cuestionario SUS (Brooke, 1996). Esta

¹⁷ Según el estado del arte elaborado por medio de una revisión de literatura en el capítulo 3.

afirmación se respalda en los resultados de la encuesta de opinión realizada a usuarios de este tipo de servicios. El reporte de comparación detallado y completo se encuentra en el [anexo I](#) a este documento.

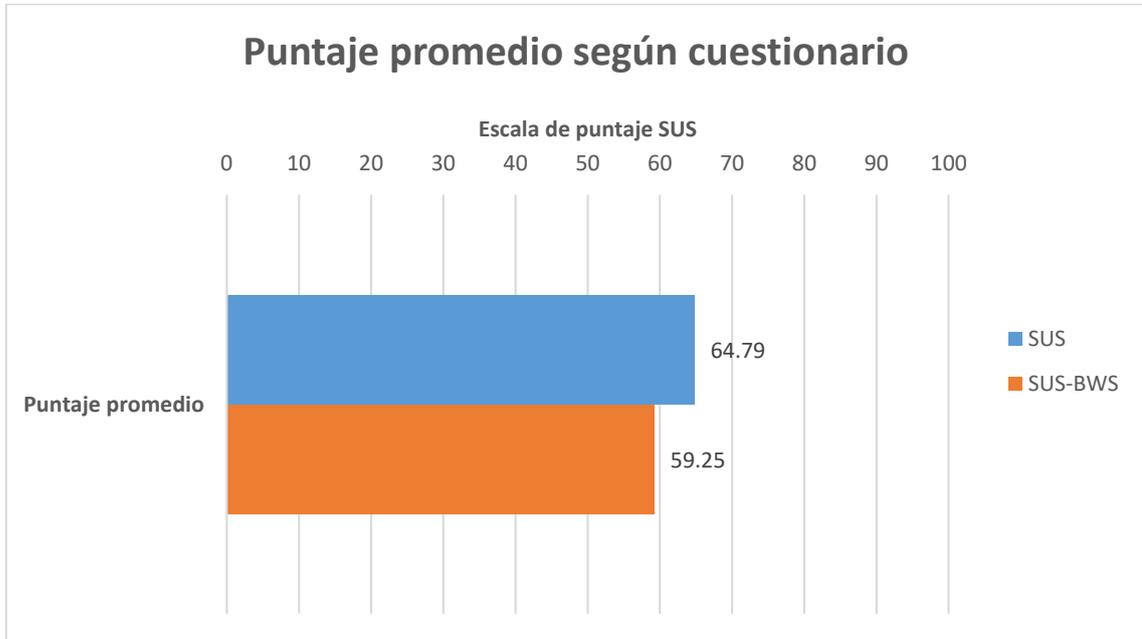


Gráfico 2 Puntaje promedio final según cuestionario aplicado

Tabla 11 Comparación de la interpretación de los puntajes SUS promedio obtenidos en cada cuestionario en base a las categorías definidas por Sauro (Sauro, 2018)

Categoría	SUS	SUS-BWS
Puntaje promedio	64.79	59.25
Calificación	C-	D
Rango Percentil	35 - 40	15 - 34
Adjetivo	Bueno - OK	OK
Admisibilidad	Neutral	Neutral
NPS	Pasivo	Detractor

A través del juicio experto en usabilidad por parte de un investigador del área de Interacción Persona-Computador se obtuvo la aprobación de este documento en su totalidad. El experto recomendó utilizar métodos estadísticos para realizar la comparación de los resultados lo cual se considerarán dentro de los trabajos futuros de este proyecto. En los apéndices del reporte se encuentra el acta elaborada por el experto. Esto cumple con el

indicador objetivamente verificable propuesto para este resultado en el capítulo 1 del presente documento.

5.3 Discusión

Para atacar la falta de métodos específicos para realizar evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos, el primer problema causa de la problemática central de este proyecto de tesis, se obtuvieron dos resultados específicos.

En primer lugar, se propuso ajustes en el instrumento de evaluación seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos. Dado que el método de evaluación de usabilidad idóneo ya utilizado en servicios web bioinformáticos es la evaluación de usabilidad remota con usuarios mediante cuestionarios (Fidas et al., 2007), el instrumento seleccionado es el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) según la discusión presentada en el capítulo anterior. Con la aplicación de este instrumento en el servicio web bioinformático altamente usado Pfam (El-Gebali et al., 2019) y un análisis basado en el Modelo de adopción de método (MAM, *Method Adoption Model* por sus siglas en inglés) (Moody, 2001), se realiza una discusión y se presenta el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés). Como un trabajo futuro para esta propuesta se encuentra proponer nuevas afirmaciones. Por ejemplo, se podrían proponer afirmaciones relacionadas al constructo Percepción de utilidad, puesto que para esta propuesta se ha asumido que un servicio web bioinformático es útil y que esto no representa un factor para la usabilidad de estos servicios. Asimismo, como trabajo futuro se tiene la validación de este instrumento, aplicándolo en un gran número de servicios web bioinformáticos.

Con lo anterior, fue posible realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado. Se definieron las herramientas necesarias para realizar una evaluación de usabilidad al servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019), ofrecido por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular – Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés). Se trabajó con un formulario en línea elaborado en Google Forms utilizando el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés). También se definieron las categorías para la interpretación del puntaje final en base al trabajo de Sauro (Sauro, 2018). Se obtuvo un puntaje SUS de 59.25 para la interfaz gráfica de Pfam. Esto es interpretado como una interfaz OK en términos de usabilidad, que se ubica entre el percentil 15 y 34. Es considerado como neutral, calificado con D y sus usuarios podrían presentar una tendencia

a no recomendar el uso de este servicio web bioinformático. Como trabajo futuro en este resultado fuera del proyecto de tesis se podrían considerar evaluar otros servicios web bioinformáticos altamente usados como Clustal Omega (Sievers & Higgins, 2018) y HMMER (Potter et al., 2018).

Finalmente, se elaboró una comparación de los resultados obtenidos en la evaluación de usabilidad al servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019) utilizando el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) con los resultados obtenidos en la evaluación de usabilidad del mismo servicio utilizando el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés). Se describieron las diferencias de los datos demográficos de los participantes y de las respuestas registrada en cada una de las afirmaciones de los cuestionarios utilizados. Se encontró que las afirmaciones que recibieron ajustes específicos para ser enfocadas a servicios web bioinformáticos tuvieron la mayor diferencia en las respuestas. Asimismo, se realizó una encuesta de opinión con diversos usuarios de servicios web bioinformáticos respecto a la precisión de los instrumentos de evaluación de usabilidad utilizados. Se halló que los participantes consideraron que el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS es más preciso en el contexto de este tipo de servicios. Como trabajo futuro se podría generalizar este reporte de comparación utilizando resultados de nuevas pruebas de usabilidad utilizando ambos cuestionarios en otros servicios web bioinformáticos como Clustal Omega (Sievers & Higgins, 2018) o HMMER (Potter et al., 2018).

Se encontró que, utilizando el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS, se consiguió un resultado más cercano a la realidad del servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019), partiendo de la hipótesis que el nivel de usabilidad de este servicio no es alto debido a los pocos trabajos¹⁸ realizados y a las necesidades respecto a usabilidad en servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009). Además, esta afirmación está respaldada por la opinión de diversos usuarios de este tipo de servicios. Por ello, se concluye que se logró proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad con el fin de enfocarlo a servicios web bioinformáticos, cumpliendo con el segundo objetivo específico de este proyecto de fin de carrera.

¹⁸ Según el estado del arte elaborado por medio de una revisión de literatura en el capítulo 3.

Capítulo 6. Herramientas de apoyo enfocadas a la usabilidad en servicios web bioinformáticos

6.1 Introducción

En este capítulo se presentarán los resultados alcanzados para el tercer objetivo específico de este proyecto de fin de carrera¹⁹. El último problema causa de la problemática central a atacar en este proyecto de tesis es la ausencia de lineamientos de diseño de interfaces gráfica usables en servicios web bioinformáticos. Para ello, se ha planteado que el tercer objetivo específico a lograr sea proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos. Este objetivo es importante para contar con propuestas de herramientas de apoyo que permitan atender problemáticas relacionadas a la usabilidad desde el diseño de servicios web bioinformáticos.

6.2 Resultados alcanzados

Con el fin de lograr el tercer objetivo específico de este proyecto se plantearon una serie de resultados esperados a conseguir mediante una lista de diversas actividades. Esta se encuentra detallada en el [anexo B](#) del presente documento titulado Plan de tesis. A continuación, se procede a describir cada uno de estos resultados.

6.2.1 Perfiles de usuario y mapas de empatía por nivel de experiencia

El sexto resultado alcanzado en este proyecto de tesis es la definición de instrumentos de usabilidad en servicio web bioinformáticos. Este resultado se logra por medio de entrevistas con usuarios de servicios web bioinformáticos. Se plantea una guía de preguntas a realizar a usuarios en base a la información brindada sobre Perfiles de usuarios (*User Personas*) por la Administración de Servicios Generales (*General Services Administration*, en inglés) de los Estados Unidos (Affairs, 2013) y la publicación *Designing Personas with Empathy Map* elaborada por el Instituto de Computación de la Universidad Federal de Amazonas, ubicada en Brasil (Ferreira et al., 2015).

Con la información recolectada se propone una categorización de usuarios de servicios web bioinformáticos en base a su experiencia en el área de Bioinformática. Se define el nivel básico, el nivel intermedio y el nivel avanzado. Haciendo uso del modelo presentado por la

¹⁹ Proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos.

Administración de Servicios Generales de los Estados Unidos en la información brindada sobre Perfiles de usuarios (Affairs, 2013), se realiza la adaptación de la plantilla ofrecida por Lucidchart (Rueda & Estupiñán, 2017) y se elaboran los perfiles de usuario de las categorías propuestas. Estos perfiles pueden ser observados en las figuras del 3 al 5.

Además, haciendo uso del modelo propuesto en el estudio *Designing Personas with Empathy Map* elaborada por el Instituto de Computación de la Universidad Federal de Amazonas, ubicada en Brasil (Ferreira et al., 2015), se realiza una adaptación de la plantilla ofrecida por Lucidchart (Rueda & Estupiñán, 2017) y se elaboran mapas de empatía sobre cada una de las categorías de usuario propuestas. Estos mapas pueden ser observados en las figuras del 6 al 8.

Mediante estos instrumentos se identificaron diversos puntos de dolor que varían de acuerdo a las categorías de usuario propuestas. Estos suelen estar relacionados al planteamiento de las funcionalidades de los servicios. Por ejemplo, algunos de los usuarios consideraron que los desarrolladores de los servicios no suelen tener en cuenta las necesidades de los usuarios finales. Se encontraron diversas necesidades relacionadas a la eficiencia en el uso de estos servicios, especialmente con usuarios que se clasificaron en un nivel de experiencia avanzado.

La definición de instrumentos detallada y completa se encuentra en el [anexo J](#) a este documento. A través del juicio experto en usabilidad por parte de un investigador del área de Interacción Persona-Computador se obtuvo la aprobación de este documento en su totalidad. En los apéndices del documento de definición de instrumentos se encuentra el acta elaborada por el experto. Esto cumple con el indicador objetivamente verificable propuesto para este resultado en el capítulo 1 del presente documento.



Figura 3 Perfil de usuario de nivel básico. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@thisisengineering>



Figura 4 Perfil de usuario de nivel intermedio. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@thisisengineering>



Figura 5 Perfil de usuario de nivel avanzado. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@linkedinsalesnavigator>

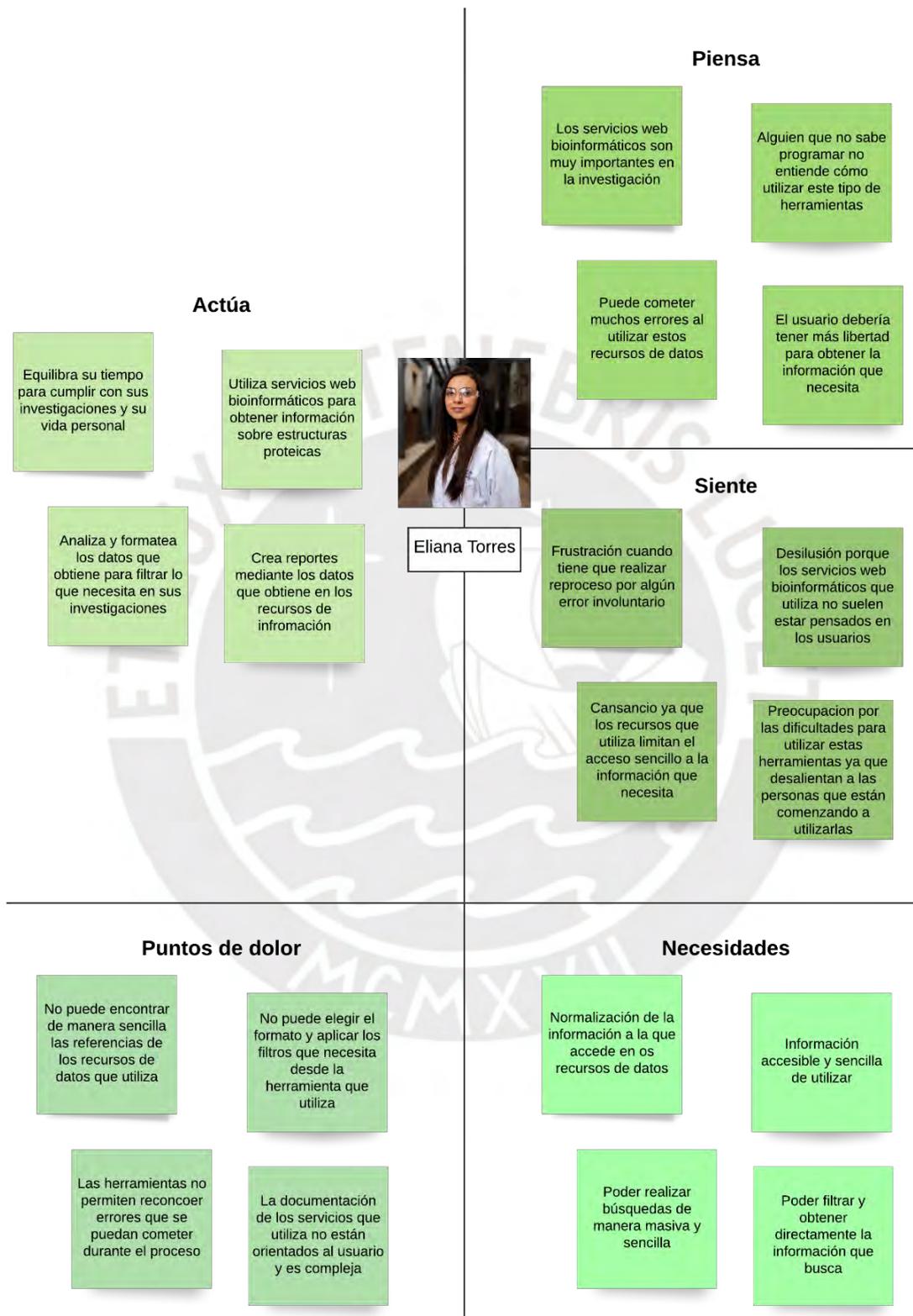


Figura 6 Mapa de empatía sobre un usuario de nivel básico. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@thisisengineering>

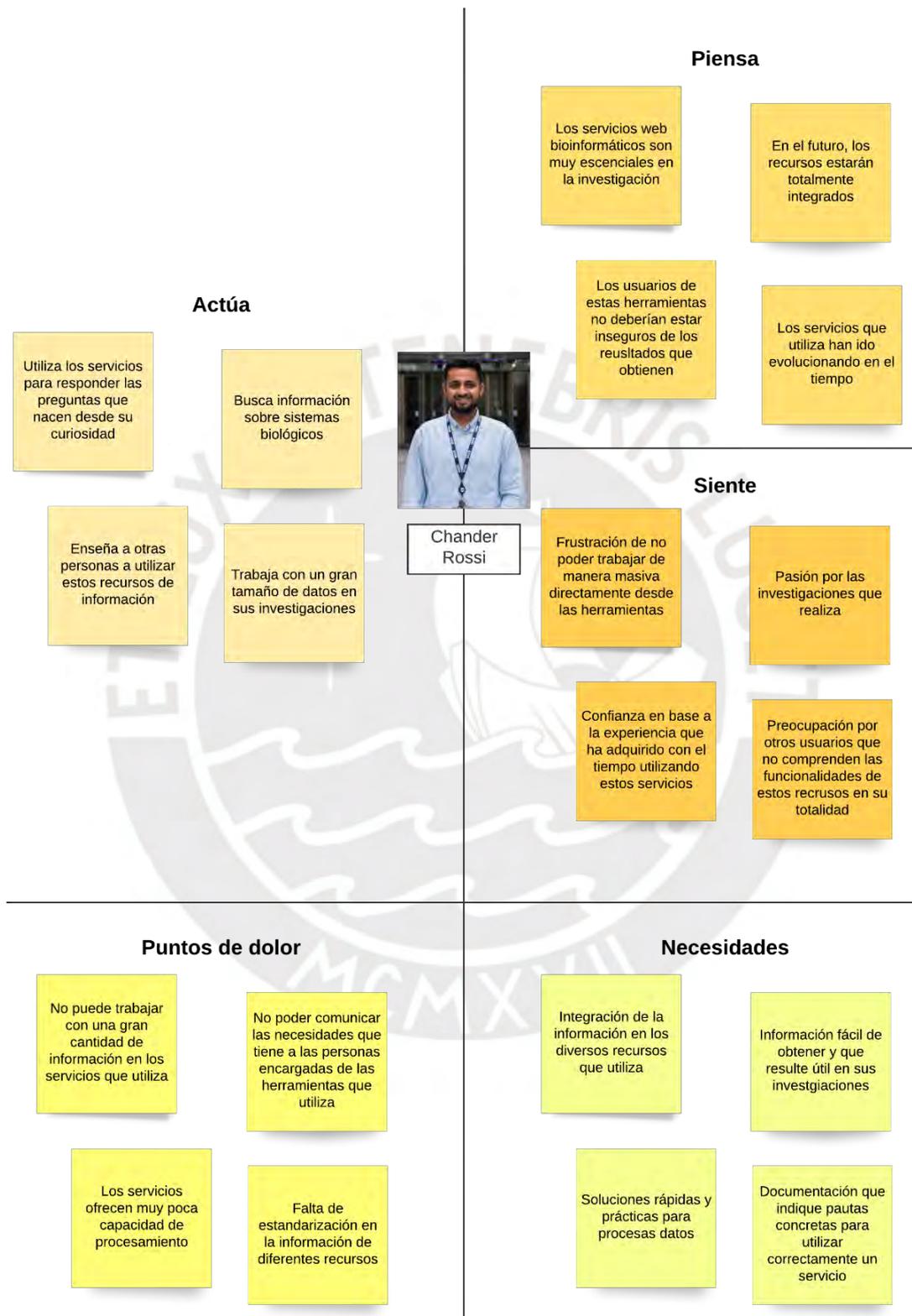


Figura 7 Mapa de empatía sobre un usuario de nivel intermedio. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@thisisengineering>

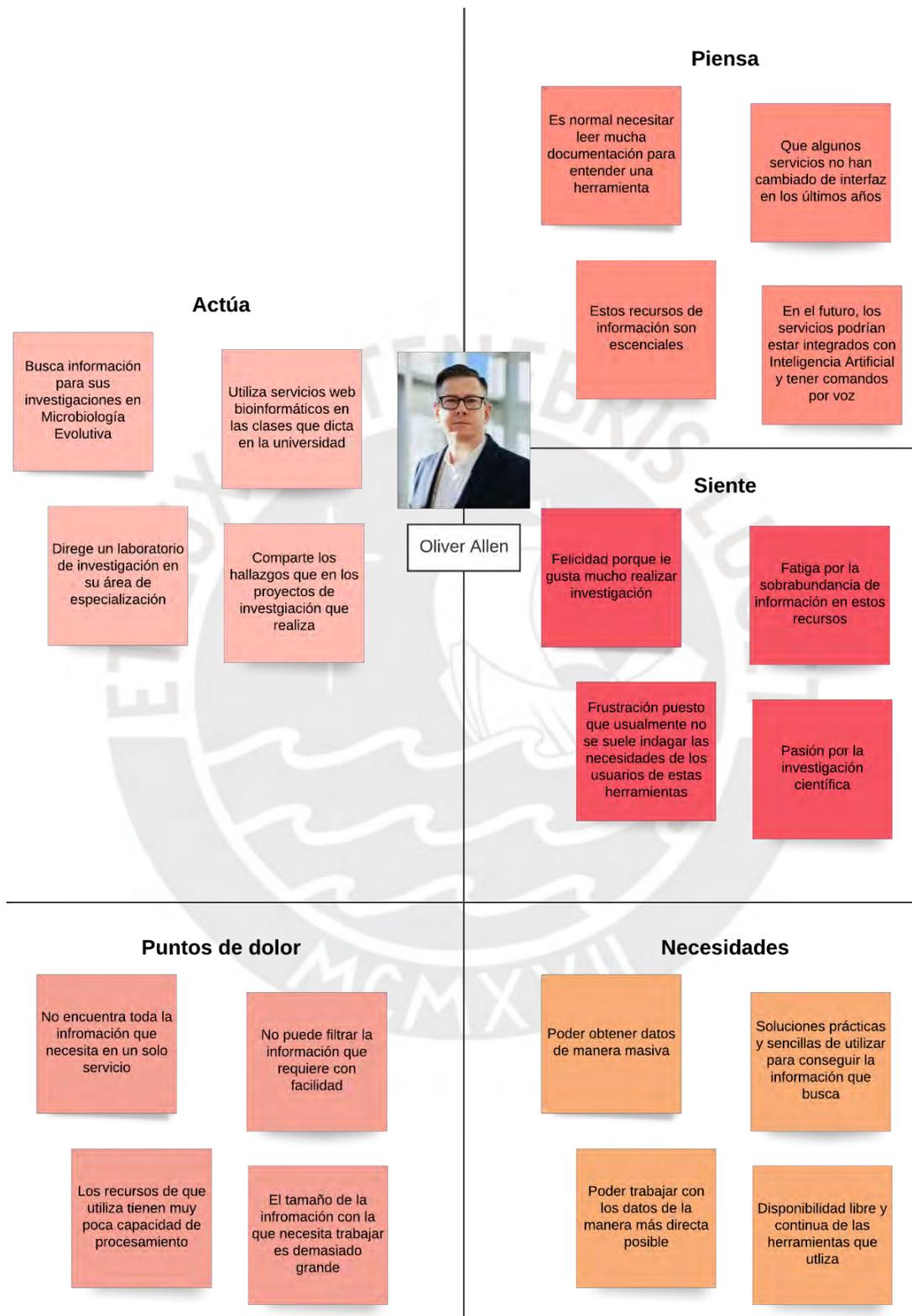


Figura 8 Mapa de empatía sobre un usuario de nivel avanzado. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@linkedinsalesnavigator>

6.2.2 Lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos

El séptimo resultado de este proyecto es la propuesta de lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos. Para obtener este resultado se ha tomado de referencia base la propuesta publicada en el artículo *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* por el programa de Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande del Sur (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018).

Es muy poco el trabajo realizado para identificar características específicas que provocan potenciales problemas de usabilidad en servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009). Esta afirmación se comprueba en la revisión de literatura realizada en el capítulo 3 de este documento. Se encontró que no existen estándares, guías o marcos de trabajos que permitan mejorar aspectos de usabilidad en servicios web bioinformáticos. Únicamente se encontró la propuesta realizada en el artículo mencionado anteriormente, por lo que se decidió utilizarlo como base para elaborar la propuesta para este proyecto de fin de carrera.

Se utilizó la información obtenida por medio de evaluaciones sumativas, entrevistas con usuarios e instrumentos de usabilidad sobre servicios web bioinformáticos para se realizan cambios y mejoras a los lineamientos de diseño utilizados como base para la elaboración de esta propuesta.

En la tabla 12 se observan los lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos propuestos categorizados según las diez heurísticas de usabilidad de Nielsen (Nielsen, 2005).

Tabla 12 Propuesta de lineamientos de diseño para servicios web bioinformáticos categorizados en base a las diez heurísticas de Nielsen (Nielsen, 2005)

Heurísticas	Lineamientos de diseño
Visibilidad del estado del sistema	En todo momento, el usuario debe poder identificar la funcionalidad y/o sección del servicio en el que se encuentra. Se debe mostrar un mensaje claro en caso el usuario requiera iniciar sesión (o registrarse) para poder hacer uso del servicio.

	<p>Se debe informar al usuario en todo momento el estado del procesamiento solicitado, así como un aproximado del tiempo requerido para completarlo.</p> <p>El usuario debe poder revisar la lista de tareas que está procesando en el servicio.</p> <p>Se debe presentar al usuario los medios por los cuales serán presentados los resultados de su procesamiento.</p> <p>Se debe presentar un mensaje llamativo y claro al usuario cuando su solicitud de procesamiento haya sido registrada correctamente.</p> <p>El resultado del procesamiento o consulta debe ser presentado por diferentes medios, no solo por correo electrónico. Por ejemplo, se puede ofrecer una página web con el resultado en donde constantemente se actualice el estado del procesamiento.</p>
<p>Coincidencia entre el sistema y el mundo real</p>	<p>Incluir botones y/o íconos que simbolicen acciones que resulten familiares al usuario como regresar, avanzar, inicio, guardar, etc.</p> <p>De ser posible, proponer metáforas para la representación de la información a brindar al usuario. Por ejemplo, en caso se muestre información relacionada a ADN, utilizar un ícono que sea entendido como ADN para representarlo²⁰.</p>
<p>Control y libertad del usuario</p>	<p>Se debe proporcionar las opciones básicas de control y libertad como deshacer y rehacer en todas las interfaces posibles del servicio.</p>

²⁰ Por ejemplo, <https://thenounproject.com/term/dna/131010/>

	<p>En caso se cuente con registro de usuarios, se debe brindar la opción para el cambio de contraseña.</p> <p>En caso se cuente con registro de usuarios, se debe brindar la opción de cierre de sesión en toda la interfaz.</p>
Consistencia y estándares	<p>Se debe definir un estándar para el diseño de toda la interfaz del servicio. Se debe establecer una paleta de colores, tipografías, etc.</p> <p>Se debe estandarizar los mensajes de error. Evitar mensajes que aparezcan en ventanas nuevas, mensajes de texto sin botones de deshacer. El mensaje de error debe aparecer en la misma pantalla del error.</p> <p>Se debe realizar una estandarización de los botones, diferenciando aquellos que tengan funciones distintas.</p> <p>Mantener un único estándar de menú para todas las pantallas. Mantener la misma ubicación.</p> <p>Diferenciar los campos obligatorios de los opcionales de manera clara y atractiva visualmente.</p> <p>En lo posible, seguir un estándar para los datos con los que se trabajan para facilitar la integración con otros recursos.</p>
Prevención de errores	<p>Mostrar mensajes de advertencia antes de ejecutar alguna acción que podría causar un error. Por ejemplo, cuando se seleccione la opción “borrar formulario”, el usuario debe confirmar su intención, puesto que podría perder la información que ya ingresó.</p> <p>Informar al usuario los formatos de dato que debe utilizar en el servicio. Utilizar ejemplos. En caso el usuario no haya ingresado todos los datos requeridos o estos no cumplan con el formato requerido, mostrar</p>

	<p>un mensaje de error en lugar de iniciar el procesamiento.</p> <p>Mostrar confirmaciones cuando los formatos de los datos ingresados por el usuario son correctos.</p>
<p>Minimizar la carga de memoria del usuario</p>	<p>Enfocar las opciones a las funcionalidades principales del servicio, evitando el exceso de menús e información sin categorización.</p> <p>Describir las funcionalidades que no se encuentren en términos familiares para el usuario. Proveer un glosario de términos técnicos para facilitar el entendimiento a usuario inexpertos.</p> <p>Utilizar términos explicativos para los nombres de las funcionalidades. Una guía rápida puede ser incluida en un ícono de ayuda al lado de una sección complicada de entender. Por ejemplo, en la línea de un dato.</p> <p>Categorizar y organizar los resultados presentados a los usuarios de manera que resulte sencillo ubicar la información requerida.</p>
<p>Flexibilidad y eficiencia de uso</p>	<p>Considerar incluir a algún usuario final durante el diseño del servicio.</p> <p>El usuario debe poder contar con la opción de cancelar el procesamiento con una sola acción en caso lo requiera.</p> <p>El servicio debe permitir que el usuario realice procesamiento o consultas de manera masiva.</p> <p>Se debe permitir que el usuario repita alguna consulta o procesamiento realizada anteriormente.</p> <p>El servicio debe presentar las opciones que permitan filtrar los datos del resultado obtenido de manera sencilla y lo más completa posible.</p>

	<p>Se debe velar por que el servicio pueda trabajar con la mayor cantidad de formatos posibles.</p> <p>Se debe velar por permitir la integración con otros servicios relacionados y por mostrar todas las referencias que se utilicen.</p>
Diseño estético y minimalista	<p>En lo posible, evitar utilizar demasiado texto para presentar los resultados. Esto realiza que sea confuso de entender.</p> <p>Priorizar la estandarización y utilizar atajos, botones, mensajes y la distribución de la información de acuerdo al interés del usuario, organizado en bloques o pantallas diferentes.</p> <p>Presente los menús de manera minimalista. Resalte las opciones que son principalmente del servicio, dejando en segundo plano los enlaces a otras herramientas.</p> <p>Evitar la redundancia de opciones. Por ejemplo, las acciones pueden ser mostradas solo cuando se seleccionan o se pasa el puntero encima de una opción.</p> <p>Los mensajes de advertencia y la información importante deben ser presentadas de una manera clara y prominente.</p>
Ayuda al usuario para reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	<p>En caso se tenga registro, permitir que el usuario pueda recuperar su usuario y su contraseña. Identificar si un usuario ya se encuentra registrado.</p> <p>En lo posible, siempre guardar la información que ya ha sido ingresada por el usuario para evitar que sea perdida en caso regrese al paso anterior, por ejemplo.</p>
Ayuda y documentación	<p>La documentación debe contar con la explicación de posibles escenarios de uso del servicio, detallando el</p>

	<p>paso a paso a seguir para obtener algún resultado esperado.</p> <p>Documentar cada una de las funcionales con las que cuenta el servicio. Mostrar los posibles <i>inputs</i> y los posibles <i>outputs</i> a obtener de manera clara y simple. El usuario debe estar informado de los formatos soportados en el servicio.</p> <p>Se debe contar con ayuda rápida contextual para que el usuario no requiera leer la documentación en su totalidad.</p> <p>Explicar los motivos de alguna restricción. Por ejemplo, explicar por qué es necesario que un usuario se registre para poder utilizar el servicio.</p> <p>La información presentada en los resultados debe tener explicación y referencias a documentación apropiada.</p>
--	--

La definición detallada y completa de esta propuesta de lineamientos para el diseño de interfaces en servicios web bioinformáticos se encuentra en el [anexo K](#) a este documento. A través del juicio experto en usabilidad por parte de un investigador del área de Interacción Persona-Computador se obtuvo la aprobación total de los lineamientos propuestos. Esto cumple con el primer indicador objetivamente verificable propuesto en el capítulo uno del presente documento.

Como segundo medio de verificación para este resultado se tiene un prototipo de interfaz de una funcionalidad de un servicio web bioinformático diseñado en base a los lineamientos. Para esto, se decidió trabajar con el recurso de información sobre familias de proteínas, Pfam²¹ (El-Gebali et al., 2019).

²¹ Página web de Pfam: <https://pfam.xfam.org/>

Se propuso una paleta de colores monocromática basado en el color azul del logotipo del servicio web bioinformático. Además, se agregaron y actualizaron metáforas utilizadas para representar las acciones y la información de este servicio web. Se trabajó la funcionalidad “*View a Pfam entry*”, la cual permite buscar y acceder a un registro de familia de proteínas en base a su identificador. Dentro de esta funcionalidad, se realizó el rediseño de las pantallas de visualización del resumen sobre la familia de proteínas, la organización del dominio, el acceso al alineamiento de secuencias, el logo del Modelo oculto de markov (HMM por sus siglas en inglés, *Hidden Markov Model*), el árbol y las especies relacionadas.



Figura 9 Diseño propuesto para la página principal del servicio web bioinformático Pfam

Este prototipo fue desarrollado en la herramienta Figma (Design, 2017) y se utilizaron iconos de la plataforma Flaticon (Freepik company, 2020) publicados en el perfil del usuario

Freepik.²² En la figura 9 se puede observar el diseño propuesto para la página principal del servicio web bioinformático Pfam.

Al ingresar a la opción “View a Pfam entry” y seleccionar el ejemplo, se introduce el identificador de la familia de proteínas TAL_effector con el que se procede a realizar la búsqueda y acceder a la información. Esto se puede observar en la figura 10.



Figura 10 Diseño propuesto para la funcionalidad "View a Pfam entry" al ingresar el identificador TAL_effector.

Luego de realizar la carga de información, se aprecia el diseño propuesto para la visualización del resumen de información relacionado a la familia de proteínas *TAL effector repeat*. Este diseño se puede observar en la figura 11.

²² Perfil del usuario Freepik: <https://www.flaticon.com/authors/freepik>

The image shows a web interface for the Pfam database. At the top, there is a navigation bar with icons for Home, Search, Explore, Files, Help, and About, along with the Pfam logo and a keyword search box. Below this, the page title is 'Family: TAL_effector (PF03377)'. A summary section is highlighted with a blue header 'Summary: TAL effector repeat'. The summary text states: 'It is included annotations and additional family information from a range of different sources.' Below this, there is a section for 'Pfam' which explains that the content will be replaced by Wikipedia. A 'Literature references' section lists two papers: 1. Bai J, Choi SH, Ponciano G, Leung H, Leach JE; Mol Plant Microbe Interact 2000;13:1322-1329: Xanthomonas oryzae pv. oryzae avirulence genes contribute differently and specifically to pathogen aggressiveness, PUBMED:11106024 EPMC:11106024; 2. Mak AN, Bradley P, Cernadas RA, Bogdanove AJ, Stoddard BL; Science. 2012;335:716-719: The crystal structure of TAL effector PthXo1 bound to its DNA target. PUBMED:22223736 EPMC:22223736. On the right, there is a 3D molecular model of the TAL effector PthXo1 bound to its DNA target. A sidebar on the left contains buttons for Summary, Domain organisation, Clan, Alignments, HMM logo, Trees & species, Curations & model, Interactions, and Structures. The footer includes logos for EMBL-EBI and ELIXIR infrastructure.

Figura 11 Diseño propuesto para la visualización del resumen de información relacionado a la familia de proteínas TAL effector repeat

En este menú también pueden ser accedidas otras funcionalidades adicionales como la visualización de la organización del dominio, la descarga de alineamiento de secuencias, el logo del HMM de la familia de proteínas, el árbol y las especies relacionadas.

El prototipo navegable desarrollado en la plataforma Figma (Design, 2017) se encuentra disponible en el [anexo L](#) a este documento. Este prototipo fue diseñado en base a los lineamientos propuestos en este resultado. Por ejemplo, se actualizaron y añadieron diferentes metáforas para la representación de la información mostrada en el servicio web bioinformático.

Se tomaron en consideración todos los lineamientos que podían ser aplicados con el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019), lo que cumple con el segundo indicador objetivamente verificable propuesto en el capítulo 1 del presente documento.

6.3 Discusión

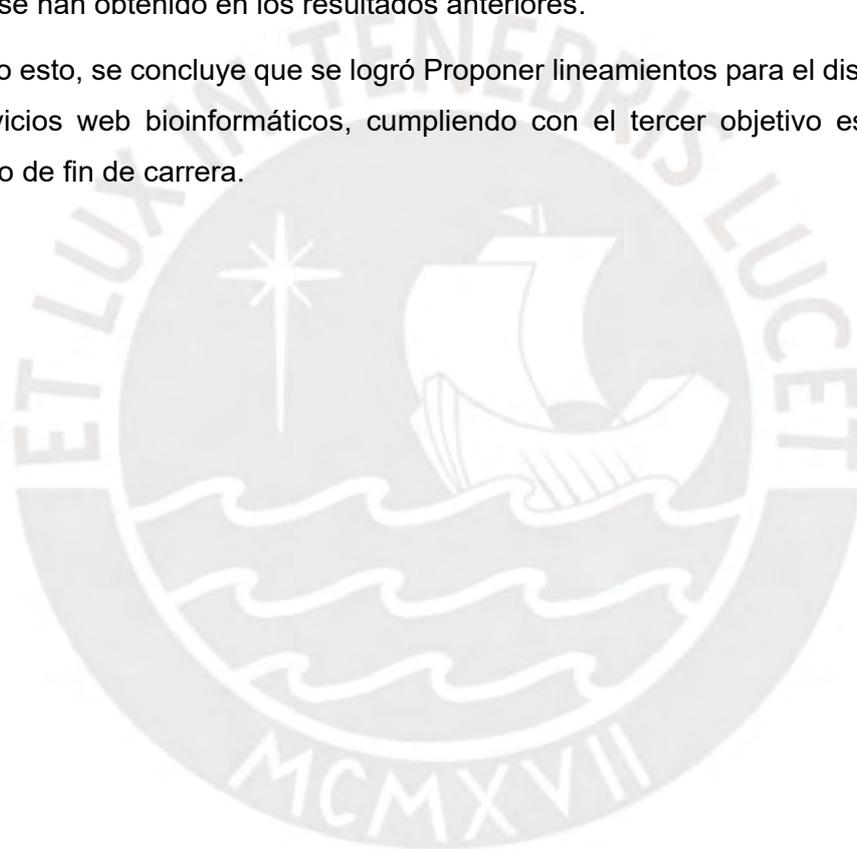
Para atacar la ausencia de lineamientos de diseño de interfaces gráficas usables en servicios web bioinformáticos, el último problema causa de la problemática de central de este proyecto de tesis, se obtuvieron dos resultados específicos.

En primer lugar, se definieron instrumentos de usabilidad que permitan conocer a los usuarios y sus diversas necesidades. Para ello, en función de una clasificación propuesta basada en el nivel de experiencia de los usuarios en servicios web bioinformáticos, se elaboraron perfiles de usuario (*user personas*) (Affairs, 2013) y mapas de empatía (*empathy maps*) (Ferreira et al., 2015). Toda la información utilizada fue recolectada mediante entrevistas con diversos tipos de usuarios de servicios web bioinformáticos. Se identificaron diversos puntos de dolor. Por ejemplo, los usuarios entrevistados comentaron las barreras que encuentran en diversos servicios para filtrar y obtener la información que desean en el formato que requieren. Para la generalización de este resultado se puede elaborar mapas de experiencia (*journey maps*) (Howard, 2014). Además, se podrían elaborar instrumentos específicos por servicios web bioinformáticos de diversos tipos entrevistando a una mayor cantidad de usuarios.

Con estos instrumentos, se propusieron lineamientos para el diseño de interfaces en servicios web bioinformáticos. Para la elaboración de estos lineamientos, se tomó como base la propuesta publicada en el artículo *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* por el programa de Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande del Sur (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018). En la propuesta revisada, se encontró que algunos lineamientos requerían generalizarse para abordar los distintos tipos de servicios web bioinformáticos. Además, se considera que algunos de los lineamientos podrían ubicarse de manera más adecuada en otras heurísticas. Finalmente, se observó que algunos lineamientos de la publicación se encontraban repetidos. A esta propuesta se añadieron lineamientos que permitan tener en consideración todos los puntos de dolor que se identificaron en las entrevistas con usuarios de servicios web bioinformáticos. Como trabajo futuro en este resultado se encuentra realizar propuestas de lineamientos de diseño de interfaces para los diferentes tipos de servicios web bioinformáticos ya que algunas necesidades se diferencian de acuerdo a la herramienta o al recurso de información. Además, queda pendiente validar esta propuesta aplicándola en el diseño de diversos servicios y evaluándolos.

Finalmente, esta propuesta de lineamientos fue aplicada a una funcionalidad del servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019), una base de datos de familia de proteínas. Se elaboró un prototipo con un nuevo diseño para la funcionalidad “*View a Pfam entry*”. En esta propuesta se elaboró una línea gráfica que mantenga la identidad del servicio pero que cumpla con el diseño estético y minimalista. Además, se definieron una serie de metáforas para representar las funcionalidades y la información que se muestra en este servicio. Para generalizar este prototipo, se podría rediseñar y aplicar los lineamientos propuestos en todas las funcionalidades para finalmente evaluarlo y compararlo con los que ya se han obtenido en los resultados anteriores.

Por todo esto, se concluye que se logró proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos, cumpliendo con el tercer objetivo específico de este proyecto de fin de carrera.



Capítulo 7. Conclusiones y trabajos futuros

7.1 Conclusiones

Con la finalidad de resolver la carencia de lineamientos de diseño de interfaces gráficas usables y métodos para evaluar la usabilidad en servicios web bioinformáticos validados, se buscó elaborar una propuesta de lineamientos de diseño de interfaces y una propuesta de ajustes a un instrumento para la evaluación de usabilidad, ambos en servicios web bioinformáticos. Para esto, se definieron tres objetivos específicos que se describen a continuación.

El primer objetivo específico de este proyecto es realizar evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado. Para lograrlo se requirió en primer lugar comparar las características de los diversos métodos de evaluación de usabilidad que ya han sido utilizados en servicios web bioinformáticos. Mediante una revisión de literatura sobre el método de evaluación remota con usuarios mediante cuestionarios (Fidas et al., 2007) y el método de evaluación con usuarios pensando en voz alta (*thinking aloud*) (Nielsen, 2012a), se realizó un cuadro comparativo de las principales características de estos métodos. Esto fue crucial para la determinar el método e instrumento de evaluación de usabilidad idóneos a aplicar en servicios bioinformáticos. Junto con el cuadro comparativo y una descripción del contexto actual sobre el uso de servicios web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular – Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés) se planteó una discusión que llevó a la conclusión de que el método de evaluación remota con usuarios mediante cuestionarios (Fidas et al., 2007) es el método idóneo a utilizar. Además, el instrumento SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) es considerado como el idóneo a utilizar al aplicar este método, debido a que es el más utilizado en este servicio y cuenta con diversas herramientas que permiten interpretar los resultados de manera descriptiva y objetiva. Finalmente, para conseguir este objetivo, se realizó una evaluación de usabilidad en el servicio web bioinformático altamente usado Pfam (El-Gebali et al., 2019), utilizando el método seleccionado y el instrumento elegido. Se aplicó el cuestionario por medio de una herramienta de formularios en línea y se contó con la participación de 12 usuarios de servicios web bioinformáticos. En base a las reglas definidas por el autor del cuestionario, Pfam (El-Gebali et al., 2019) obtuvo un puntaje SUS de aproximadamente 64.79 en su interfaz gráfica. Según las categorías de Sauro, esto es interpretado como una interfaz casi buena en términos de usabilidad, que se ubica entre el percentil 35 y 40 (Sauro,

2018). Es considerado como neutral, calificado con C- y sus usuarios podrían presentar una tendencia a no tener una opinión sobre el servicio web bioinformático (Sauro, 2018). Todos los resultados obtenidos obtuvieron la aprobación de un experto en Interacción Persona-Computador por medio de una revisión basada en juicio experto. Con todo esto, se puede afirmar que se logró el primer objetivo específico de este proyecto de tesis.

El segundo objetivo específico de este proyecto es proponer ajustes a un instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado que permitan enfocarlo a servicios web bioinformáticos. Para cumplir con este objetivo se realizó un análisis del cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) basado en el Modelo de adopción de método (MAM, *Method Adoption Model* por sus siglas en inglés) propuesto por Moody, que describe constructos de percepción e intención (Moody, 2001). Luego, se realizó una discusión en base a los resultados del análisis, lo observado durante la aplicación del cuestionario en la evaluación de usabilidad al servicio web bioinformático en el objetivo anterior y a otras necesidades identificadas en los usuarios de servicios web bioinformáticos. Con todo eso, se propusieron una serie de ajustes en el cuestionario original. Con esto se obtuvo el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés). Este fue aplicado al servicio web bioinformático altamente usado Pfam (El-Gebali et al., 2019). Por medio de una herramienta de formularios en línea, se contó con la participación de 10 usuarios de servicios web bioinformáticos. Ya que el cuestionario ajustado propuesto mantiene la naturaleza del cuestionario original, se aplicaron las reglas del autor. Se obtuvo un puntaje SUS de 59.25, lo que se interpreta, según las categorías de Sauro, como una interfaz OK en términos de usabilidad, neutral respecto a la admisibilidad, calificado con C y que se encuentra entre los percentiles 41 y 59 (Sauro, 2018). Además, se puede considerar que los usuarios de Pfam (El-Gebali et al., 2019) podrían presentar una tendencia a no recomendar este servicio web bioinformático (Sauro, 2018). Con estos resultados y con la evaluación realizada en el objetivo anterior, se elaboró una comparación entre los resultados obtenidos con el método e instrumento idóneos seleccionados para realizar pruebas de usabilidad y con el método e instrumento ajustado para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos. Se realizó una comparación de las respuestas obtenidas por cada afirmación de los cuestionarios. Asimismo, se comparó los resultados finales y las interpretaciones de estos en base a las categorías de Sauro (Sauro, 2018). Se concluyó esta comparación que, utilizando el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS, se consiguió un resultado más cercano a la realidad del servicio web

bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019), partiendo de la hipótesis que el nivel de usabilidad de este servicio no es alto debido a los pocos trabajos²³ realizados y a las necesidades respecto a usabilidad en servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009). Todos los resultados obtenidos obtuvieron la aprobación de un experto en Interacción Persona-Computador por medio de una revisión basada en juicio experto. Con todo esto, se puede afirmar que se logró el segundo objetivo específico de este proyecto de tesis.

El último objetivo específico de este proyecto es proponer lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos. Para conseguirlo se inició realizando entrevistas a diferentes usuarios de servicios web bioinformáticos. Con la información recolectada en estas entrevistas, se elaboraron instrumentos de usabilidad en función de las categorías propuestas de usuarios de servicios web bioinformáticos según el nivel de experiencia. Se desarrollaron perfiles de usuario (*user personas*) (Affairs, 2013) y mapas de empatía (*empathy maps*) (Ferreira et al., 2015) para usuarios de nivel básico, intermedio y avanzado. Con estos instrumentos, fue posible identificar diversos puntos de dolor en servicios web bioinformáticos. De esta manera, tomando como base la propuesta publicada en el artículo *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* por el programa de Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande del Sur (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018), se elaboraron lineamientos para el diseño de interfaces en servicios web bioinformáticos, categorizados según las diez heurísticas de usabilidad de Nielsen (Nielsen, 2005). Finalmente, con esta propuesta de lineamientos, se realizó el rediseño de la interfaz gráfica de una funcionalidad del servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019). Para a funcionalidad “*View a Pfam entry*”, se elaboró una línea gráfica que mantenga la identidad del servicio pero que cumpla con el diseño estético y minimalista. Además, se definieron una serie de metáforas para representar las funcionalidades y la información que se muestra este servicio. Todos los resultados obtenidos obtuvieron la aprobación de un experto en Interacción Persona-Computador por medio de una revisión basada en juicio experto. Con todo esto, se puede afirmar que se logró el último objetivo específico de este proyecto de tesis.

²³ Según el estado del arte elaborado por medio de una revisión de literatura en el capítulo 3.

Ya que se han cumplido todos los objetivos específicos de este proyecto de fin de carrera, se puede afirmar que se logró conseguir el objetivo general. Mediante la elaboración de una propuesta de lineamientos de diseño de interfaces y una propuesta de ajustes a un instrumento para la evaluación de usabilidad, ambos en servicios web bioinformáticos, se consiguió atacar la problemática central a resolver en este proyecto de tesis, la carencia de lineamientos de diseño de interfaces gráficas usables y métodos para evaluar la usabilidad en servicios web bioinformáticos validados (Bolchini et al., 2009a).

7.2 Trabajos futuros

Dentro de los resultados de este proyecto, se han priorizado los métodos de evaluación sumativa de usabilidad. Es por ello, que como trabajo futuro se podría complementar los reportes de comparación de características y de selección de método idóneo con diversos tipos de evaluación de usabilidad, no solo aquellos que han sido utilizados ya en servicios web bioinformáticos. Por ejemplo, se puede considerar el método de evaluación heurística (Nielsen & Molich, 1990). Asimismo, se podría realizar evaluaciones de usabilidad en más servicios web bioinformáticos de diferentes tipos. Por ejemplo, en la herramienta Clustal Omega (Sievers & Higgins, 2018) o en el recurso de datos HMMER (Potter et al., 2018).

Por otro lado, ambas propuestas elaboradas en este proyecto de fin de carrera requieren ser aplicadas en diferentes servicios web bioinformáticos para poder proponer ajustes y validarlas. Además, como trabajo futuro, queda proponer nuevas clasificaciones para los usuarios de servicios web bioinformáticos, para especificar las propuestas en función al tipo de usuario y el tipo de servicio.

Finalmente, un posible trabajo futuro sería elaborar herramientas para realizar evaluaciones de usabilidad formativas en servicios web bioinformáticos. Por ejemplo, mediante el método de evaluación heurística (Nielsen & Molich, 1990), se puede obtener información específica sobre los puntos de mejora de un software. Se podría proponer una serie de heurísticas específicas para realizar este tipo de evaluaciones en aplicaciones bioinformáticas, considerando las características singulares de estas.

Referencias

- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, 16(1), 3–9.
- Affairs, A. S. for P. (2013). Personas. En *Usability.gov*. Department of Health and Human Services. <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/personas.html>
- Alben, L. (1996). Quality of experience: Defining the criteria for effective interaction design. *interactions*, 3(3), 11–15.
- Álvarez, G. F. (2005). La usabilidad y la accesibilidad, elementos esenciales para optimizar la comunicación del diseño web centrado en el usuario. *GL García, El ecosistema digital: Modelos de comunicación, nuevos medios y público en Internet*, 253–267.
- Archibald, M. M., Ambagtsheer, R. C., Casey, M. G., & Lawless, M. (2019). Using Zoom Videoconferencing for Qualitative Data Collection: Perceptions and Experiences of Researchers and Participants. *International Journal of Qualitative Methods*, 18, 160940691987459. <https://doi.org/10.1177/1609406919874596>
- Bairoch, A., & Boeckmann, B. (1991). The SWISS-PROT protein sequence data bank. *Nucleic acids research*, 19(Suppl), 2247.
- Baumer, D., Bischofberger, W., Lichter, H., & Zullighoven, H. (1996). User interface prototyping-concepts, tools, and experience. *Proceedings of IEEE 18th International Conference on Software Engineering*, 532–541. <https://doi.org/10.1109/ICSE.1996.493447>
- Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 533–552. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>

- Bevana, N., Kirakowskib, J., & Maissela, J. (1991). What is usability. *Proceedings of the 4th International Conference on HCI*.
- Bolchini, D., Finkelstein, A., Perrone, V., & Nagl, S. (2009). Better bioinformatics through usability analysis. *Bioinformatics*, 25(3), 406–412.
<https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btn633>
- Bolchini, D., & Garzotto, F. (2007). Quality of Web Usability Evaluation Methods: An Empirical Study on MiLE+. En M. Weske, M.-S. Hacid, & C. Godart (Eds.), *Web Information Systems Engineering – WISE 2007 Workshops* (Vol. 4832, pp. 481–492). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77010-7_47
- Bott, E., & Stinson, C. (2019). *Windows 10 inside out*. Microsoft Press.
- Brigham, T. J. (2013). Personas: Stepping Into the Shoes of the Library User. *Medical Reference Services Quarterly*, 32(4), 443–450.
<https://doi.org/10.1080/02763869.2013.837737>
- Brooke, J. (1996). *SUS - A quick and dirty usability scale*. 7.
- Burnham, J. F. (2006). Scopus database: A review. *Biomedical digital libraries*, 3(1), 1.
- Can, T. (2014). Introduction to Bioinformatics. En M. Yousef & J. Allmer (Eds.), *MiRNomics: MicroRNA Biology and Computational Analysis* (Vol. 1107, pp. 51–71). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-748-8_4
- Cañedo Andalia, R., Nodarse Rodríguez, M., & Mulet, N. L. (2015). Similitudes y diferencias entre PubMed, Embase y Scopus. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud (ACIMED)*, 26(1), 84–91.
- Chin, J. P., Diehl, V. A., & Norman, L. K. (1988). Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface. *Proceedings of the SIGCHI*

Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '88, 213–218.

<https://doi.org/10.1145/57167.57203>

Committee, I. C. S. S. E. T. (1983). *IEEE standard glossary of software engineering terminology*.

Cook, C. E., Bergman, M. T., Cochrane, G., Apweiler, R., & Birney, E. (2018). The European Bioinformatics Institute in 2017: Data coordination and integration. *Nucleic Acids Research*, 46(D1), D21–D29. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx1154>

Curts, E. (2017). Using Google Forms. *Google Docs*. Google, nd Web, 6.

Dawson, N. L., Lewis, T. E., Das, S., Lees, J. G., Lee, D., Ashford, P., Orengo, C. A., & Sillitoe, I. (2017). CATH: An expanded resource to predict protein function through structure and sequence. *Nucleic Acids Research*, 45(D1), D289–D295. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1098>

Design, F. (2017). Figma: The collaborative interface design tool. Retrieved September, 17, 2017.

Dudding, C. C. (2009). Digital Videoconferencing: Applications Across the Disciplines. *Communication Disorders Quarterly*, 30(3), 178–182. <https://doi.org/10.1177/1525740108327449>

Dumas, J. S., Dumas, J. S., & Redish, J. (1999). *A practical guide to usability testing*. Intellect books.

Eason, K. D. (1989). *Information technology and organisational change*. CRC Press.

El-Gebali, S., Mistry, J., Bateman, A., Eddy, S. R., Luciani, A., Potter, S. C., Qureshi, M., Richardson, L. J., Salazar, G. A., Smart, A., Sonnhammer, E. L. L., Hirsh, L., Paladin, L., Piovesan, D., Tosatto, S. C. E., & Finn, R. D. (2019). The Pfam protein

- families database in 2019. *Nucleic Acids Research*, 47(D1), D427–D432.
<https://doi.org/10.1093/nar/gky995>
- Federhen, S. (2012). The NCBI taxonomy database. *Nucleic acids research*, 40(D1), D136–D143.
- Ferreira, B., Silva, W., Oliveira, E., & Conte, T. (2015). *Designing Personas with Empathy Map*. 501–505. <https://doi.org/10.18293/SEKE2015-152>
- Fidas, C., Katsanos, C., Papachristos, E., Tselios, N., & Avouris, N. (2007). *Remote Usability Evaluation Methods and Tools: A Survey*. 12.
- Finn, R. D. (2006). Pfam: Clans, web tools and services. *Nucleic Acids Research*, 34(90001), D247–D251. <https://doi.org/10.1093/nar/gkj149>
- Finn, R. D., Coghill, P., Eberhardt, R. Y., Eddy, S. R., Mistry, J., Mitchell, A. L., Potter, S. C., Punta, M., Qureshi, M., Sangrador-Vegas, A., Salazar, G. A., Tate, J., & Bateman, A. (2016). The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future. *Nucleic Acids Research*, 44(D1), D279–D285.
<https://doi.org/10.1093/nar/gkv1344>
- for Standardization (ISO), I. O. (2005). *ISO/IEC 25000:2005, Software Engineering—Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*.
- Freepik company. (2020). *Flaticon*. Flaticon. <https://www.flaticon.com/>
- Granic, A., Mitrovic, I., & Marangunic, N. (2008). Usability evaluation of web portals. *ITI 2008 - 30th International Conference on Information Technology Interfaces*, 427–432. <https://doi.org/10.1109/ITI.2008.4588448>
- Hassan Montero, Y. (2002). Introducción a la Usabilidad. *No sólo usabilidad*, 1.
- Howard, T. (2014). Journey mapping: A brief overview. *Communication Design Quarterly*, 2(3), 10–13. <https://doi.org/10.1145/2644448.2644451>

- Hu, P. J.-H., Zeng, D., Chen, H., Larson, C. A., & Tseng, C. (2007). A Web-Based System for Infectious Disease Data Integration and Sharing: Evaluating Outcome, Task Performance Efficiency, User Information Satisfaction, and Usability. En D. Zeng, I. Gotham, K. Komatsu, C. Lynch, M. Thurmond, D. Madigan, B. Lober, J. Kvach, & H. Chen (Eds.), *Intelligence and Security Informatics: Biosurveillance* (Vol. 4506, pp. 134–146). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72608-1_13
- Hu, P. J.-H., Zeng, D., Chen, H., Larson, C., Chang, W., Tseng, C., & Ma, J. (2007). System for Infectious Disease Information Sharing and Analysis: Design and Evaluation. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 11(4), 483–492. <https://doi.org/10.1109/TITB.2007.893286>
- Huddleston, R. (2017). Introduction to Adobe Experience Design. En *Beginning Adobe Experience Design* (pp. 7–21). Springer.
- ISO. (1991). *Software engineering—Product quality* (Standard 9126:1991). International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/16722.html>
- ISO. (1992). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals* (Standard Núm. 9241-1:1992). International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/16873.html>
- Jain, M. N., & Karnad, V. (2017). *Online Forms for Data Collection and its Viability in Fashion and Consumer Buying Behavior Survey—A Case Study*.
- Jaspers, M., Steen, T., Bos, C., & Geenen, M. (2004). The think aloud method: A guide to user interface design. *International Journal of Medical Informatics*, 73(11–12), 781–795. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2004.08.003>

- Kent, J. (2018). Answer to “What are examples of human-computer interface (HCI)?”
Quora. <https://www.quora.com/What-are-examples-of-human-computer-interface-HCI/answer/Jay-Kent-10>
- Kim, D. E., Chivian, D., & Baker, D. (2004). Protein structure prediction and analysis using the Robetta server. *Nucleic Acids Research*, 32(Web Server), W526–W531.
<https://doi.org/10.1093/nar/gkh468>
- Kitchenham, B., & Pfleeger, S. L. (1996). Software quality: The elusive target [special issues section]. *IEEE software*, 13(1), 12–21.
- Kurosu, M. (2007). Concept of Usability Revisited. En J. A. Jacko (Ed.), *Human-Computer Interaction. Interaction Design and Usability* (Vol. 4550, pp. 579–586). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73105-4_64
- Law, E., Roto, V., Vermeeren, A. P. O. S., Kort, J., & Hassenzahl, M. (2008). Towards a shared definition of user experience. *Proceeding of the Twenty-Sixth Annual CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI '08*, 2395. <https://doi.org/10.1145/1358628.1358693>
- Levy, S. (2018). Graphical user interface. *Encyclopædia Britannica*.
<https://www.britannica.com/technology/graphical-user-interface>
- Machado Paixão-Cortes, V., dos Santos da Silva Tanus, M., Paixão-Cortes, W., de Souza, O., de Borba Campos, M., & Silveira, M. (2018). Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF. *Information*, 9(1), 20. <https://doi.org/10.3390/info9010020>
- Machado Paixão-Cortes, V., Silveira, M., de Borba Campos, M., de Souza, O., & dos Santos da Silva Tanus, M. (2018). WCReF – a web server for the cref protein

- structure predictor. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 558, 831–838.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-54978-1_103
- Madeira, F., Park, Y. mi, Lee, J., Buso, N., Gur, T., Madhusoodanan, N., Basutkar, P., Tivey, A. R. N., Potter, S. C., Finn, R. D., & Lopez, R. (2019). The EMBL-EBI search and sequence analysis tools APIs in 2019. *Nucleic Acids Research*, 47(W1), W636–W641. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz268>
- Matera, M., Rizzo, F., & Carughi, G. T. (2006). Web Usability: Principles and Evaluation Methods. En E. Mendes & N. Mosley (Eds.), *Web Engineering* (pp. 143–180). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/3-540-28218-1_5
- Mcknight, B., & Arpinar, I. B. (2012). Linking and querying genomic datasets using natural language. *2012 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/BIBM.2012.6392724>
- Mendes, P. N., McKnight, B., Sheth, A. P., & Kissinger, J. C. (2008). TcruziKB: Enabling Complex Queries for Genomic Data Exploration. *2008 IEEE International Conference on Semantic Computing*, 432–439.
<https://doi.org/10.1109/ICSC.2008.93>
- Mirel, B., & Wright, Z. (2009). Heuristic Evaluations of Bioinformatics Tools—A Development Case.pdf. *Human-Computer Interaction*, 1, 329–338.
- Moody, D. L. (2001). *Dealing with complexity: A practical method for representing large entity relationship models* [PhD Thesis]. University of Melbourne, Department of Information Systems.
- Nielsen, J. (1994a). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Nielsen, J. (1995). How to conduct a heuristic evaluation. *Nielsen Norman Group*, 1, 1–8.
- Nielsen, J. (2005). *Ten usability heuristics*. Nielsen Norman Group.

- Nielsen, J. (2012a). Thinking aloud: The# 1 usability tool. *Nielsen Norman Group*, 16.
- Nielsen, J. (2012b). *Usability 101: Introduction to usability*.
- Nielsen, J. (1994b). Usability inspection methods. *Conference companion on Human factors in computing systems*, 413–414.
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems Empowering People - CHI '90*, 249–256. <https://doi.org/10.1145/97243.97281>
- Nishimura, D. (2001). BioCarta. *Biotech Software & Internet Report: The Computer Software Journal for Scient*, 2(3), 117–120.
- Noy, N. F., Shah, N. H., Whetzel, P. L., Dai, B., Dorf, M., Griffith, N., Jonquet, C., Rubin, D. L., Storey, M.-A., Chute, C. G., & Musen, M. A. (2009). BioPortal: Ontologies and integrated data resources at the click of a mouse. *Nucleic Acids Research*, 37(Web Server), W170–W173. <https://doi.org/10.1093/nar/gkp440>
- Pavelin, K., Cham, J. A., de Matos, P., Brooksbank, C., Cameron, G., & Steinbeck, C. (2012). Bioinformatics Meets User-Centred Design: A Perspective. *PLoS Computational Biology*, 8(7), e1002554. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002554>
- Potter, S. C., Luciani, A., Eddy, S. R., Park, Y., Lopez, R., & Finn, R. D. (2018). HMMER web server: 2018 update. *Nucleic Acids Research*, 46(W1), W200–W204. <https://doi.org/10.1093/nar/gky448>
- Pow-Sang, J. A. (2016). Evaluating and Comparing Perceptions Between Undergraduate Students and Practitioners in Controlled Experiments for Requirements Prioritization. En J. Mejia, M. Munoz, Á. Rocha, & J. Calvo-Manzano (Eds.), *Trends*

- and Applications in Software Engineering* (Vol. 405, pp. 189–199). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26285-7_16
- Rueda, R. A. S., & Estupiñán, J. de J. V. (2017). Aplicación en la nube Lucidchart: ¿herramienta necesaria para la innovación del proceso educativo en el siglo XXI? *Revista de la SEECI*, 44, 115–126.
- Sánchez-Meca, J. (2010). *Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis*. 11.
- Sauro, J. (2012). *Predicting net promoter scores from system usability scale scores*.
- Sauro, J. (2018). *MeasuringU: 5 Ways to Interpret a SUS Score*.
- Schumacher, D. S. (2010, octubre 5). *European Molecular Biology Laboratory—Case Example*. http://www.ramiri.eu/assets/images/1340892763EMBL-ELIXIR_Silke_Schumacher.pdf
- Sievers, F., & Higgins, D. G. (2018). Clustal Omega for making accurate alignments of many protein sequences: Clustal Omega for Many Protein Sequences. *Protein Science*, 27(1), 135–145. <https://doi.org/10.1002/pro.3290>
- SIGCHI, A. (1992). ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction. *Curricula for Human-Computer Interaction*. Association for Computing Machinery, New York, NY.
- Ssemugabi, S., & de Villiers, R. (2007). A comparative study of two usability evaluation methods using a web-based e-learning application. *Proceedings of the 2007 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT Research in Developing Countries - SAICSIT '07*, 132–142. <https://doi.org/10.1145/1292491.1292507>
- The UniProt Consortium. (2019). UniProt: A worldwide hub of protein knowledge. *Nucleic Acids Research*, 47(D1), D506–D515. <https://doi.org/10.1093/nar/gky1049>

Wichansky, A. M. (2000). Usability testing in 2000 and beyond. *Ergonomics*, 43(7), 998–1006. <https://doi.org/10.1080/001401300409170>

Zhang, Y. (2008). I-TASSER server for protein 3D structure prediction. *BMC Bioinformatics*, 9(1), 40. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-9-40>

Zhang, Y. (2014). Interplay of I-TASSER and QUARK for template-based and ab initio protein structure prediction in CASP10: Composite Protein Structure Prediction in CASP10. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 82, 175–187. <https://doi.org/10.1002/prot.24341>



Anexos

A continuación, se detallan los diferentes anexos a este documento.

Anexo A: Formulario de extracción

Este anexo contiene el formulario de extracción utilizado para el Capítulo 3 - Estado del arte se encuentra en la hoja de cálculo nombrada como *20161811_ManuelBezerraBrandao_LaylaHirsh_JosePowSang_Anexo_A.xlsx* y se puede acceder a través de la nube por medio del siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1FU-C-ix-I5NyaCadRezklFLoup2WkEsM/view?usp=sharing>



Anexo B: Plan de proyecto

En este anexo se muestra las diferentes partes de la planificación para la ejecución del presente proyecto de fin de carrera.

1. Justificación

La usabilidad es un aspecto fundamental de la calidad de una aplicación interactiva (Bolchini et al., 2009). Actualmente, las investigaciones en Bioinformática se basan en el diseño, acceso y uso de recursos web (Bolchini et al., 2009). Las barreras de usabilidad pueden inhibir la satisfacción de la experiencia de usuario y forzar a los investigadores a desperdiciar tiempo y energía en realizar tareas cotidianas en sus trabajos (Bolchini et al., 2009). Es por ello que este proyecto busca armar propuestas de herramientas que podrán ayudar a darle solución a estas barreras de usabilidad en servicios web bioinformáticos.

Un nivel de usabilidad mayor en herramientas web bioinformáticas podrá permitir que los investigadores encuentren, interactúen, compartan, comparen y manipulen recursos importantes de información de manera más eficiente y eficaz (Bolchini et al., 2009).

2. Viabilidad

Para este proyecto, se requerirá la participación de terceras personas. Se contará con la participación de investigadores en el área de Bioinformática que participarán en las evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos y con la participación de expertos en Usabilidad que se encargarán de revisar y aprobar los resultados esperados del proyecto. Estas personas serán contactadas por medio de los asesores de tesis quienes pertenecen a grupos relacionados con estas áreas. Asimismo, los servicios web bioinformáticos que serán evaluados son accesibles por medio del EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular - Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés). El acceso a la totalidad de fuentes que se necesitarán para la elaboración del proyecto es libre, por lo que este proyecto es viable siempre que se cuente con un plan de acción para gestionar los riesgos que se pudieran presentar. Este plan se encuentra descrito en la sección *Identificación de riesgos del proyecto*.

3. Alcance

Para este proyecto se han planteado una serie objetivos. El primero es realizar pruebas de usabilidad en servicios web bioinformáticos altamente utilizados. Para ello se deberán

comparar los diferentes métodos de evaluación de usabilidad existentes con el fin de identificar el método idóneo a aplicar, tomando en como prioridad la necesidad de determinar el nivel de usabilidad de los servicios web bioinformáticos evaluados enfocado a servicios de base de datos. Posteriormente, el siguiente objetivo buscará proponer ajustes a un método seleccionado para realizar pruebas de usabilidad enfocándose en servicios web bioinformáticos y adicionalmente realizar un análisis comparativo con el método seleccionado en el primer objetivo. Finalmente, se propondrán lineamientos para el diseño de interfaces en servicios web bioinformáticos, en la que se definirán los instrumentos de usabilidad para posteriormente, haciendo uso de estos lineamientos, realizar un prototipo de interfaz de una funcionalidad de un servicio web bioinformático existente.

Se trabajarán con los servicios web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI, que son de libre acceso y altamente utilizados en investigaciones (Madeira et al., 2019). Algunos de los servicios que se utilizarán son Clustal Omega (Sievers & Higgins, 2018), HMMER (Potter et al., 2018), Pfam (El-Gebali et al., 2019), entre otros.

Por otro lado, los métodos de evaluación de usabilidad con los que se trabajarán serán no heurísticos. Además, los instrumentos de usabilidad a definir son perfiles de usuario, también llamados *user personas* (Brigham, 2013), y mapas de empatía, conocidos como *empathy maps* (Ferreira et al., 2015). Como parte de este proyecto no se considerará la aplicación de las propuestas de mejora que se podrían obtener a raíz de las evaluaciones de usabilidad. Tampoco se evaluarán las funcionalidades de los servicios web bioinformáticos. Las propuestas que se elaborarán serán probadas durante la ejecución de este proyecto, pero los ajustes que se identifiquen como necesarios se dejarán como trabajo futuro.

4. Restricciones

Se requerirán utilizar algunos servicios web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI que podrían ser dados de baja o puestos en mantenimiento durante la ejecución de este proyecto. Asimismo, otra restricción es la disponibilidad de tiempo de los participantes como lo son los usuarios que ayudarán en la realización las pruebas y los expertos en usabilidad.

5. Identificación de los riesgos del proyecto

A continuación, se presenta una lista conteniendo los riesgos de este proyecto, presentando síntomas, probabilidad, impacto y severidad. Adicionalmente se presentan la mitigación y contingencia planeada para estos riesgos.

RG1. No contar con acceso a los servicios web bioinformáticos que se seleccionaron para realizar las evaluaciones de usabilidad.

Síntomas:

- Anuncio de que alguno de los servicios va a tener alguna actualización.
- Mensaje sobre el mantenimiento de alguno de los servicios.
- Publicación sobre la baja de alguno de los servicios.

Probabilidad: 0.10 (Muy baja)

Impacto: 0.80 (Muy alta)

Severidad: 0.08 (Media)

Mitigación:

- Realizar una revisión sobre las posibles actualizaciones de los servicios a utilizar.
- Contar con una lista de servicios web bioinformáticos alternativos a utilizar para el proyecto.

Contingencia:

- Cambiar el servicio web que no estará disponible por alguno de los servicios alternativos.

RG2. La disponibilidad de los usuarios que participarán en las evaluaciones de usabilidad no concuerda con los tiempos establecidos para la ejecución proyecto.

Síntomas:

- Dificultad para contactar con alguno de los usuarios.
- Demora en el tiempo de respuesta de alguno de los usuarios.

Probabilidad: 0.50 (Moderada)

Impacto: 0.40 (Alto)

Severidad: 0.20 (Alta)

Mitigación:

- Coordinación previa con los usuarios participantes.
- Contar con una referencia de posibles usuarios alternativos a participar en las evaluaciones de usabilidad.

Contingencia:

- Coordinar con uno de los usuarios alternativos a participar en las evaluaciones de usabilidad.

RG3. La disponibilidad de los expertos en usabilidad que participarán en el proyecto no concuerda con los tiempos establecidos para la ejecución del proyecto.

Síntomas:

- Dificultad para contactar con alguno de los expertos en usabilidad.
- Demora en el tiempo de respuesta de alguno de los expertos en usabilidad.

Probabilidad: 0.70 (Alta)

Impacto: 0.20 (Moderado)

Severidad: 0.14 (Media)

Mitigación:

- Coordinación previa con los expertos participantes.
- Contar con una referencia de posibles expertos en usabilidad alternativos a participar el proyecto.

Contingencia:

- Coordinar con uno de los expertos en usabilidad alternativo a participar en el proyecto.

Como parte de la identificación de riesgos del proyecto, se presentan las respectivas leyendas de los valores utilizados para la probabilidad, impacto y severidad de los riesgos en las tablas 13, 14 y 15, respectivamente.

Tabla 13 Anexo B: Leyenda de probabilidad

Probabilidad	Valor
Muy baja	0.10
Baja	0.30
Moderada	0.50
Alta	0.70
Muy Alta	0.90

Tabla 14 Anexo B: Leyenda de Impacto

Impacto	Valor
Muy bajo	0.05
Bajo	0.10
Moderado	0.20
Alto	0.40
Muy Alto	0.80

Tabla 15 Anexo B: Leyenda de severidad

Severidad	Valor
Baja	≤ 0.05
Media	$0.05 < \text{Valor} < 0.14$
Alta	≥ 0.14

6. Estructura de descomposición del trabajo (EDT)

A continuación, se presentan las estructuras de descomposición del trabajo mediante una representación esquemática para la planificación del proyecto y el proyecto en sí en las figuras 12 y 13, respectivamente.

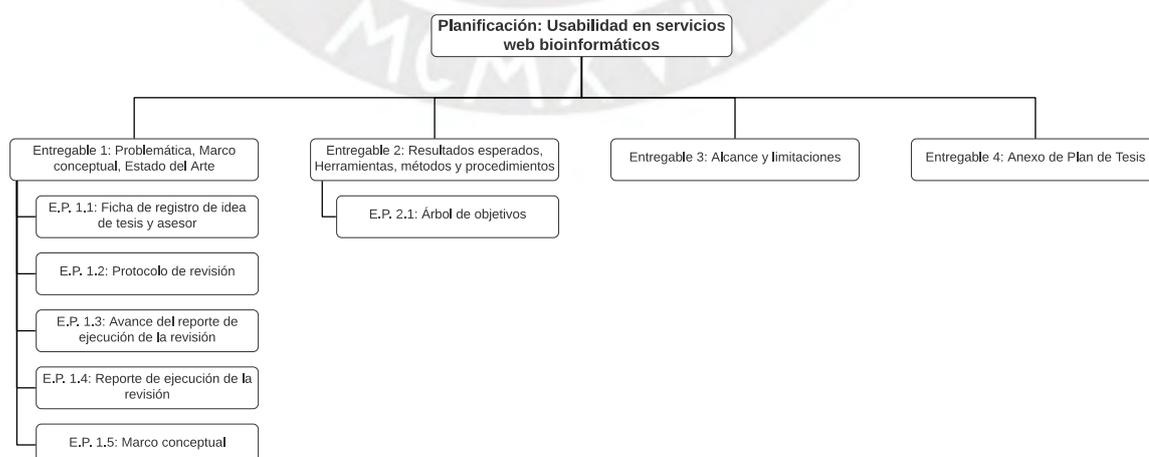


Figura 12 Anexo B: Estructura de descomposición del trabajo de la planificación del proyecto: Parte superior, título del proyecto. Zona media, entregables de planificación. Zona inferior, entregables parciales de planificación.



Figura 13 Anexo B: Estructura de descomposición del trabajo del proyecto: Parte superior, título del proyecto. Zona media, objetivos del trabajo. Zona inferior, resultados esperados y medios de verificación.

7. Lista de tareas

En esta sección del documento, se presenta la lista de tareas de la planificación del proyecto y el proyecto de tesis, detallando la duración estimada, esfuerzo asociado y costo estimado²⁴. El resumen total de esfuerzos asociados y costos estimados de la planificación del proyecto y el proyecto de fin de carrera se encuentran en la sección *Costeo del Proyecto*.

7.1. Tareas de la planificación del proyecto

- P1. Elaboración del entregable parcial 1.1
- Duración estimada: 7 días
 - Esfuerzo asociado: 7 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 350
- P2. Elaboración del entregable parcial 1.2
- Duración estimada: 7 días
 - Esfuerzo asociado: 7 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 350
- P3. Elaboración del entregable parcial 1.3
- Duración estimada: 7 días
 - Esfuerzo asociado: 7 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 350

²⁴ Calculado en base a las tarifas definidas en la sección *Costeo del proyecto*.

- P4. Elaboración del entregable parcial 1.4
- Duración estimada: 7 días
 - Esfuerzo asociado: 7 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 350
- P5. Elaboración del entregable parcial 1.5
- Duración estimada: 7 días
 - Esfuerzo asociado: 7 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 350
- P6. Elaboración del entregable 1
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 250
- P7. Elaboración del entregable parcial 2.1
- Duración estimada: 9 días
 - Esfuerzo asociado: 9 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 450
- P8. Elaboración del entregable 2
- Duración estimada: 14 días
 - Esfuerzo asociado: 14 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 700
- P9. Elaboración del entregable 3
- Duración estimada: 9 días
 - Esfuerzo asociado: 9 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 450
- P10. Elaboración del entregable 4
- Duración estimada: 12 días
 - Esfuerzo asociado: 12 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 600

P11. Reuniones semanales con los asesores del proyecto.

- Duración estimada por reunión 1 día
- Esfuerzo asociado por reunión: 2 horas-persona (Tesisista), 4 horas-persona (Asesores de tesis)
- Costo estimado por reunión: S/. 1,300
- Número de reuniones: 12 reuniones
- Esfuerzo asociado total: 24 horas-persona (Tesisista), 48 horas-persona (Asesores de tesis)
- Costo estimado total: S/. 8,400

7.2. Tareas del proyecto de fin de carrera

A1. Revisión de métodos de evaluación de usabilidad utilizados en servicios web bioinformáticos.

- Duración estimada: 3 días
- Esfuerzo asociado: 9 horas-persona (Tesisista)
- Costo estimado: S/. 450

A2. Elaboración de un documento de comparación de características entre diferentes métodos de evaluación de usabilidad utilizados en servicios web bioinformáticos.

- Duración estimada: 4 días
- Esfuerzo asociado: 12 horas-persona (Tesisista)
- Costo estimado: S/. 750

A3. Revisión del documento de comparación entre diferentes métodos de evaluación de usabilidad utilizados en servicios web bioinformático por medio de juicio experto de usabilidad.

- Duración estimada: 5 días
- Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Expertos en usabilidad)
- Costo estimado: S/. 3,000

A4. Elaboración de un reporte de selección del método e instrumento de evaluación de usabilidad idóneos ya utilizados en servicios web bioinformáticos.

- Duración estimada: 3 días
- Esfuerzo asociado: 9 horas-persona (Tesisista)
- Costo estimado: S/. 450

- A5. Revisión del reporte de selección del método e instrumento de evaluación de usabilidad idóneos ya utilizados en servicios web bioinformáticos por medio de juicio experto de usabilidad.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Expertos en usabilidad)
 - Costo estimado: S./ 3,000
- A6. Definición de prerequisites²⁵ para realizar evaluaciones de usabilidad con el método seleccionado.
- Duración estimada: 4 días
 - Esfuerzo asociado: 12 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 600
- A7. Realización de las evaluaciones de usabilidad con el método seleccionado.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 15 horas (Tesisista), 6 horas (Usuarios²⁶)
 - Costo estimado: S/. 3,150
- A8. Elaboración de un reporte con los resultados de las pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método seleccionado.
- Duración estimada: 2 días
 - Esfuerzo asociado: 6 horas (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 300
- A9. Revisión del reporte de resultados de las pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método seleccionado por medio de juicio experto de usabilidad.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Expertos en usabilidad)
 - Costo estimado: S/. 3,000

²⁵ Se definen los servicios web bioinformáticos a evaluar, los participantes en la evaluación, los documentos requeridos y las pruebas a realizar.

²⁶ Investigadores que utilicen servicios web bioinformáticos.

- A10. Elaboración de la documentación de los ajustes en el instrumento para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos.
- Duración estimada: 9 días
 - Esfuerzo asociado: 27 horas-persona (Tesista)
 - Costo estimado: S/. 1,350
- A11. Revisión de la documentación de los ajustes en el instrumento para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos por medio de juicio experto de usabilidad.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Expertos en usabilidad)
 - Costo estimado: S/. 3,000
- A12. Definición de prerequisites⁷ para realizar evaluaciones de usabilidad con el método e instrumento ajustado.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 15 horas-persona (Tesista)
 - Costo estimado: S/. 750
- A13. Realización de las evaluaciones de usabilidad con el método e instrumento ajustado.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 15 horas-persona (Tesista), 6 horas (Usuarios⁸)
 - Costo estimado: S/. 3,150
- A14. Elaboración de un reporte con los resultados de las evaluaciones de usabilidad utilizando el método e instrumento ajustado.
- Duración estimada: 2 días
 - Esfuerzo asociado: 6 horas-persona (Tesista)
 - Costo estimado: S/. 300
- A15. Revisión del reporte de resultados de pruebas de usabilidad aplicando el método e instrumento ajustado por medio de expertos de usabilidad.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Expertos en usabilidad)
 - Costo estimado: S/. 3,000

- A16. Elaboración de un documento de comparación entre los resultados obtenidos con el método seleccionado y los resultados obtenidos con el método e instrumento ajustado.
- Duración estimada: 7 días
 - Esfuerzo asociado: 21 horas-persona (Tesista)
 - Costo estimado: S/. 1,050
- A17. Revisión del documento de comparación entre los resultados obtenidos con el método seleccionado y los resultados obtenidos con el método e instrumento ajustado por medio de juicio experto de usabilidad.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Expertos en usabilidad)
 - Costo estimado: S/. 3,000
- A18. Entrevistas a usuarios de servicios web bioinformáticos sobre necesidades no funcionales relacionadas a la usabilidad.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 15 horas-persona (Tesista), 5 horas-persona (Usuarios⁸)
 - Costo estimado: S/. 2,750
- A19. Elaboración de un documento con la definición de requerimientos de usabilidad para interfaces de servicios web bioinformáticos.
- Duración estimada: 2 días
 - Esfuerzo asociado: 6 horas-persona (Tesista)
 - Costo estimado: S/. 300
- A20. Revisión del documento con la definición de requerimientos de usabilidad para interfaces de servicios web bioinformáticos por medio de juicio experto de usabilidad.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Expertos en usabilidad)
 - Costo estimado: S/. 3,000
- A21. Elaboración de un documento con lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos.
- Duración estimada: 7 días
 - Esfuerzo asociado: 21 horas (Tesista)
 - Costo estimados S/. 1,050

- A22. Revisión del documento con lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos por medio de juicio experto de usabilidad.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Expertos en usabilidad)
 - Costo estimado: S/. 3,000
- A23. Elaboración de un prototipo de interfaz de un servicio web bioinformático en base a los lineamientos propuestos.
- Duración estimada: 7 días
 - Esfuerzo asociado: 21 horas-persona (Tesisista)
 - Costo estimado: S/. 1,050
- A24. Revisión del prototipo de interfaz de un servicio web bioinformático en base a los lineamientos.
- Duración estimada: 5 días
 - Esfuerzo asociado: 5 horas-persona (Asesores de tesis)
 - Costo estimado: S/. 750
- A25. Reuniones semanales con los asesores del proyecto.
- Duración estimada por reunión 1 día
 - Esfuerzo asociado por reunión: 2 horas-persona (Tesisista), 4 horas-persona (Asesores de tesis)
 - Costo estimado por reunión: S/. 700
 - Número de reuniones: 12 reuniones
 - Esfuerzo asociado total: 24 horas-persona (Tesisista), 48 horas-persona (Asesores de tesis)
 - Costo estimado total: S/. 8,400

8. Cronograma del proyecto

A continuación, se detalle el cronograma de la planificación del proyecto y el proyecto de tesis, especificando la fecha de inicio y la fecha de fin de cada actividad en las tablas 16 y 17, respectivamente. Adicionalmente, en el [anexo C](#) al documento se encuentran los respectivos diagramas de Gantt, detallando la precedencia de cada actividad.

Tabla 16 Anexo B: Cronograma de la planificación del proyecto de fin de carrera

Actividad	Inicio	Fin
Planificación proyecto: Usabilidad en servicios web bioinformáticos	13/04/2020	12/07/2020
Entregable 1	13/04/2020	22/05/2020
P1. Elaboración de entregable parcial 1.1	13/04/2020	19/04/2020
P2. Elaboración de entregable parcial 1.2	20/04/2020	26/04/2020
P3. Elaboración de entregable parcial 1.3	27/04/2020	3/05/2020
P4. Elaboración de entregable parcial 1.4	4/05/2020	10/05/2020
P5. Elaboración de entregable parcial 1.5	11/05/2020	17/05/2020
P6. Elaboración de entregable 1	18/05/2020	22/05/2020
Entregable 2	23/05/2020	21/06/2020
P7. Elaboración de entregable parcial 2.1	23/05/2020	31/05/2020
P8. Elaboración de entregable 2	08/06/2020	21/06/2020
Entregable 3	22/06/2020	30/06/2020
P9. Elaboración de entregable 3	1/07/2020	12/07/2020
Entregable 4	1/07/2020	12/07/2020
P10. Elaboración de entregable 4	1/07/2020	12/07/2020
Reuniones con los asesores de tesis	14/04/2020	7/07/2020
P11. Reunión 1	14/04/2020	14/04/2020
P11. Reunión 2	21/04/2020	21/04/2020

P11. Reunión 3	28/04/2020	28/04/2020
P11. Reunión 4	5/05/2020	5/05/2020
P11. Reunión 5	12/05/2020	12/05/2020
P11. Reunión 6	19/05/2020	19/05/2020
P11. Reunión 7	26/05/2020	26/05/2020
P11. Reunión 8	9/06/2020	9/06/2020
P11. Reunión 9	16/06/2020	16/06/2020
P11. Reunión 10	23/06/2020	23/06/2020
P11. Reunión 11	2/07/2020	2/07/2020
P11. Reunión 12	7/07/2020	7/07/2020

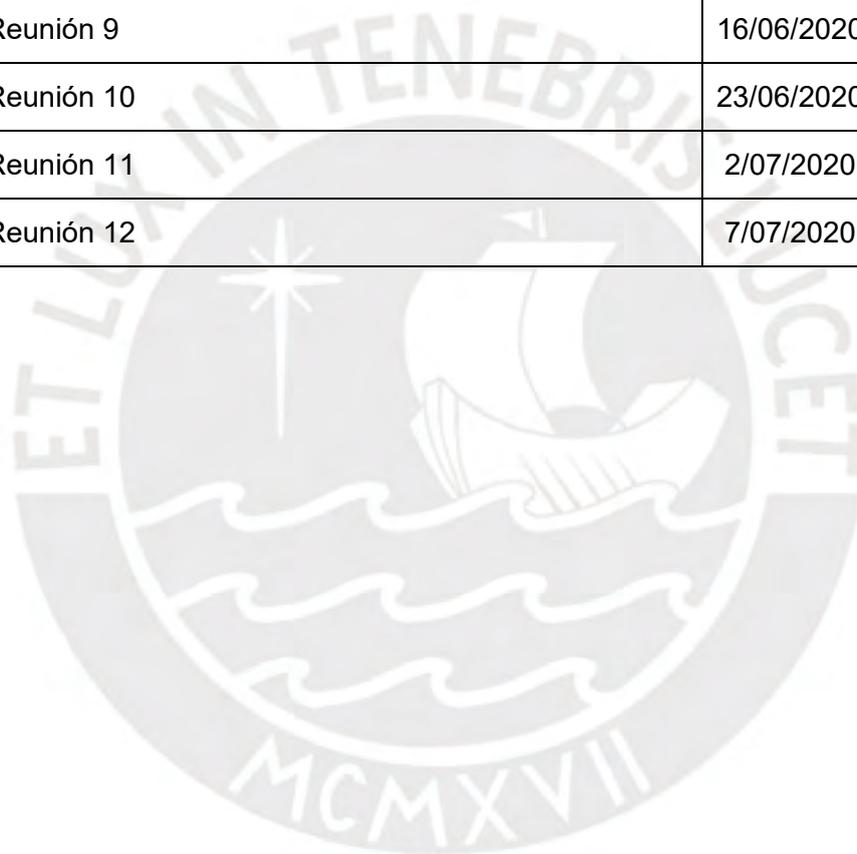


Tabla 17 Anexo B: Cronograma del proyecto de fin de carrera

Actividad	Inicio	Fin
Proyecto: Usabilidad en servicios web bioinformáticos	31/08/2020	13/11/2020
Evaluaciones de usabilidad en un servicios web bioinformático	31/08/2020	25/09/2020
Documento de comparación entre diferentes métodos de evaluación de usabilidad	31/08/2020	11/09/2020
A1. Revisión de métodos de evaluación de usabilidad utilizados en servicios web bioinformáticos.	31/08/2020	2/09/2020
A2. Elaboración de un documento de comparación de características entre diferentes métodos de evaluación de usabilidad utilizados en servicios web bioinformáticos.	3/09/2020	6/09/2020
A3. Revisión del documento de comparación entre diferentes métodos de evaluación de usabilidad por medio de juicio experto de usabilidad.	7/09/2020	11/09/2020
Reporte de selección de método idóneo a aplicar en las evaluaciones	7/09/2020	18/09/2020
A4. Elaboración de un reporte de selección de método idóneo a aplicar en las evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos.	7/09/2020	9/09/2020
A5. Revisión del reporte de selección de método e instrumento idóneos a aplicar en las evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos por medio de expertos de usabilidad.	14/09/2020	18/09/2020
Reporte de resultados de pruebas de usabilidad en servicios web bioinformáticos altamente usados	10/09/2020	25/09/2020
A6. Definición de prerrequisitos ⁶ para realizar evaluaciones de usabilidad con el método seleccionado.	10/09/2020	13/09/2020
A7. Realización de las evaluaciones de usabilidad con el método seleccionado.	14/09/2020	18/09/2020

A8. Elaboración de un reporte con los resultados de las pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método seleccionado.	19/09/2020	20/09/2020
A9. Revisión del reporte de resultados de pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método seleccionado por medio de juicio experto de usabilidad.	21/09/2020	25/09/2020
Ajustes a un instrumento seleccionado para realizar pruebas de usabilidad en servicios web bioinformáticos	21/09/2020	23/10/2020
Documentación de ajustes al método para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos	21/09/2020	4/10/2020
A10. Elaboración de la documentación de los ajustes al instrumento para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos.	21/09/2020	29/09/2020
A11. Revisión de la documentación de los ajustes al instrumento para realizar pruebas de usabilidad en servicios web bioinformáticos por medio de juicio experto de usabilidad.	30/09/2020	4/10/2020
Reporte de evaluaciones de usabilidad utilizando el método ajustado	30/09/2020	16/10/2020
A12. Definición de prerrequisitos ⁶ para realizar evaluaciones de usabilidad con el método ajustado.	30/09/2020	4/10/2020
A13. Realización de las evaluaciones de usabilidad con el método e instrumento ajustado.	5/10/2020	9/10/2020
A14. Elaboración del reporte con los resultados de las evaluaciones de usabilidad utilizando el método e instrumento ajustado.	10/10/2020	11/10/2020

A15. Revisión del reporte de resultados de pruebas de usabilidad aplicando el método e instrumento ajustado por medio de juicio experto de usabilidad.	12/10/2020	16/10/2020
Documento de comparación entre resultados del método seleccionado con los resultados obtenidos con el instrumento ajustado	12/10/2020	23/10/2020
A16. Elaboración de un documento de comparación entre los resultados obtenidos con el método seleccionado y los resultados obtenidos con el instrumento ajustado.	12/10/2020	18/10/2020
A17. Revisión del documento de comparación entre los resultados obtenidos con el método seleccionado y los resultados obtenidos con el instrumento ajustado por medio de juicio experto de usabilidad.	19/10/2020	23/10/2020
Lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos	19/10/2020	13/11/2020
Documento con la definición de requerimientos para interfaces de servicios web bioinformáticos	19/10/2020	30/10/2020
A18. Entrevistas a usuarios de servicios web bioinformáticos sobre necesidades no funcionales.	19/10/2020	23/10/2020
A19. Elaboración de un documento con la definición de requerimientos usabilidad para interfaces de servicios web bioinformáticos.	24/10/2020	25/10/2020
A20. Revisión del documento con la definición de requerimientos de usabilidad para interfaces de servicios web bioinformáticos por medio de juicio experto de usabilidad.	26/10/2020	30/10/2020
Documento con los lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos	26/10/2020	6/11/2020
A21. Elaboración de un documento con lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos.	26/10/2020	1/11/2020

A22. Revisión del documento con lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos por medio de juicio experto de usabilidad.	2/11/2020	6/11/2020
Prototipo de interfaz de servicios web bioinformático en base a los lineamientos propuestos	2/11/2020	13/11/2020
A23. Elaboración de un prototipo de interfaz de un servicio web bioinformático en base a los lineamientos.	2/11/2020	8/11/2020
A24. Revisión del prototipo de interfaz de un servicio web bioinformático en base a los lineamientos.	9/11/2020	13/11/2020
Reuniones con los asesores de tesis	26/08/2020	11/11/2020
A28. Reunión 1	26/08/2020	26/08/2020
A28. Reunión 2	2/09/2020	2/09/2020
A28. Reunión 3	9/09/2020	9/09/2020
A28. Reunión 4	16/09/2020	16/09/2020
A28. Reunión 5	23/09/2020	23/09/2020
A28. Reunión 6	30/09/2020	30/09/2020
A28. Reunión 7	7/10/2020	7/10/2020
A28. Reunión 8	14/10/2020	14/10/2020
A28. Reunión 9	21/10/2020	21/10/2020
A28. Reunión 10	28/10/2020	28/10/2020
A28. Reunión 11	4/11/2020	4/11/2020
A28. Reunión 12	11/11/2020	11/11/2020

9. Lista de recursos

En esta sección del documento se presentan todos los recursos requeridos para la ejecución de este proyecto.

9.1. Personas involucradas y necesidades de capacitación

A continuación, se describen todas las personas que están involucradas en este proyecto de fin de carrera.

- Asesores de tesis: Profesores expertos en el tema encargados de guiar la planificación y desarrollo del proyecto.
 - Layla Hirsh Martinez, Ingeniera Informática. Cuenta con una maestría en Ciencias de la Computación y un doctorado en Biociencia y Biotecnología. Profesora Asociada de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el Departamento de Ingeniería en la Sección Ingeniería Informática. Actual coordinadora de la especialidad de Ingeniería Informática. Colaboradora del Instituto de Bioinformática Europeo (EMBL-EBI). En este proyecto asume el rol de asesora principal.
 - Jose Antonio Pow Sang Portillo, Ingeniero Informático y Licenciado en Educación. Cuenta con una maestría en Ingeniería de Software y un doctorado en Ingeniería Informática. Profesor Principal de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el Departamento de Ingeniería en la Sección Ingeniería Informática. Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado y Director de la Maestría en Informática. Es conferencista, ponente, organizador y miembro del comité científico de conferencias internacionales en Ingeniería de Software e Interacción Persona-Computador. En este proyecto asume el rol de co-asesor.
- Usuarios de servicios web bioinformáticos: Investigadores con los cuales se realizarán las evaluaciones de usabilidad sobre los servicios web bioinformáticos.
- Expertos en usabilidad: Profesionales con experiencia en el área de Interacción Persona-Computador que se encargarán de evaluar los resultados esperados del proyecto.
- Tesista: Estudiante que desarrolla el proyecto de fin de carrera.

9.2. Materiales requeridos para el proyecto

Para el desarrollo de este proyecto de tesis, no se requerirán materiales.

9.3. Estándares utilizados en el proyecto

En este proyecto de fin de carrera se trabajará con el ISO/IEC 25000 conocida como SQuaRE (por sus siglas en inglés, *System and Software Quality Requirements and Evaluation*), que describe los atributos de calidad de software (for Standardization (ISO), 2005). Entre estos atributos, se describe la usabilidad.

9.4. Equipamiento requerido

El equipamiento requerido para el desarrollo de este proyecto de tesis consta de una computadora con conexión a internet.

9.5. Herramientas requeridas

A continuación, se describen las herramientas requeridas para el desarrollo de este proyecto de fin de carrera.

- Formularios en línea. Estos son cuestionarios en los que un usuario objetivo puede enviar datos en línea (Jain & Karnad, 2017). Serán utilizados para las evaluaciones de usabilidad. Para este proyecto se trabajará con *Google Forms*.
- Herramientas para elaborar prototipos de interfaz gráfica de usuario. La elaboración de prototipos de interfaces gráficas de usuario es un método de desarrollo utilizado para mejorar el planeamiento y ejecución de proyectos de software con fines experimentales (Baumer et al., 1996). Para este proyecto se utilizará *Adobe Xd*.
- Herramientas de videoconferencia. Estas se utilizan para compartir en tiempo real audio, video y, en algunos casos, pantalla entre dos o más puntos del mundo (Dudding, 2009). Para este proyecto se utilizará *Zoom*.

10. Costeo del Proyecto

A continuación, se presenta la especificación de la estimación de los costos de proyecto para establecer el presupuesto en la tabla 18.

Tabla 18 Anexo B: Costeo del proyecto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unidad (S/.)	Monto Parcial (S/.)	Monto Total (S/.)
0	Costo total del proyecto	---	---	---	---	48,425
1.	Participantes del proyecto	---	---	---	---	41,750
1.1	Asesores de tesis	Horas	101	150	15,150	
1.2	Usuarios de servicios web bioinformáticos	Horas	17	400	6,800	
1.3	Expertos en usabilidad	Horas	45	600	27,000	
1.4	Tesista	Horas	342	50 ²⁷	17,100	
2.	Bienes y equipos	---	---	---	---	6,140
2.1	Laptop ASUS X556U	Equipo	1	3,500	3,500	
2.2	Servicio de conexión a internet	Meses	8	330	2,640	
3.	Licencias de software	---	---	---	---	535
3.1	Google Forms	Meses	5	19 ²⁸	95	
3.2	Adobe Xd	Meses	5	35	175	
3.3	Zoom	Meses	5	53 ²⁹	265	

²⁷ Cálculo en base a la retribución por hora de un instructor en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

²⁸ Basado en el costo de licencia G-Suite Basic

²⁹ Basado en el costo de licencia Pro

Anexo C: Cronograma de proyecto

Este anexo contiene los diagramas de Gantt de la planificación del proyecto y del proyecto de fin de carrera en las figuras 14 y 15, respectivamente.



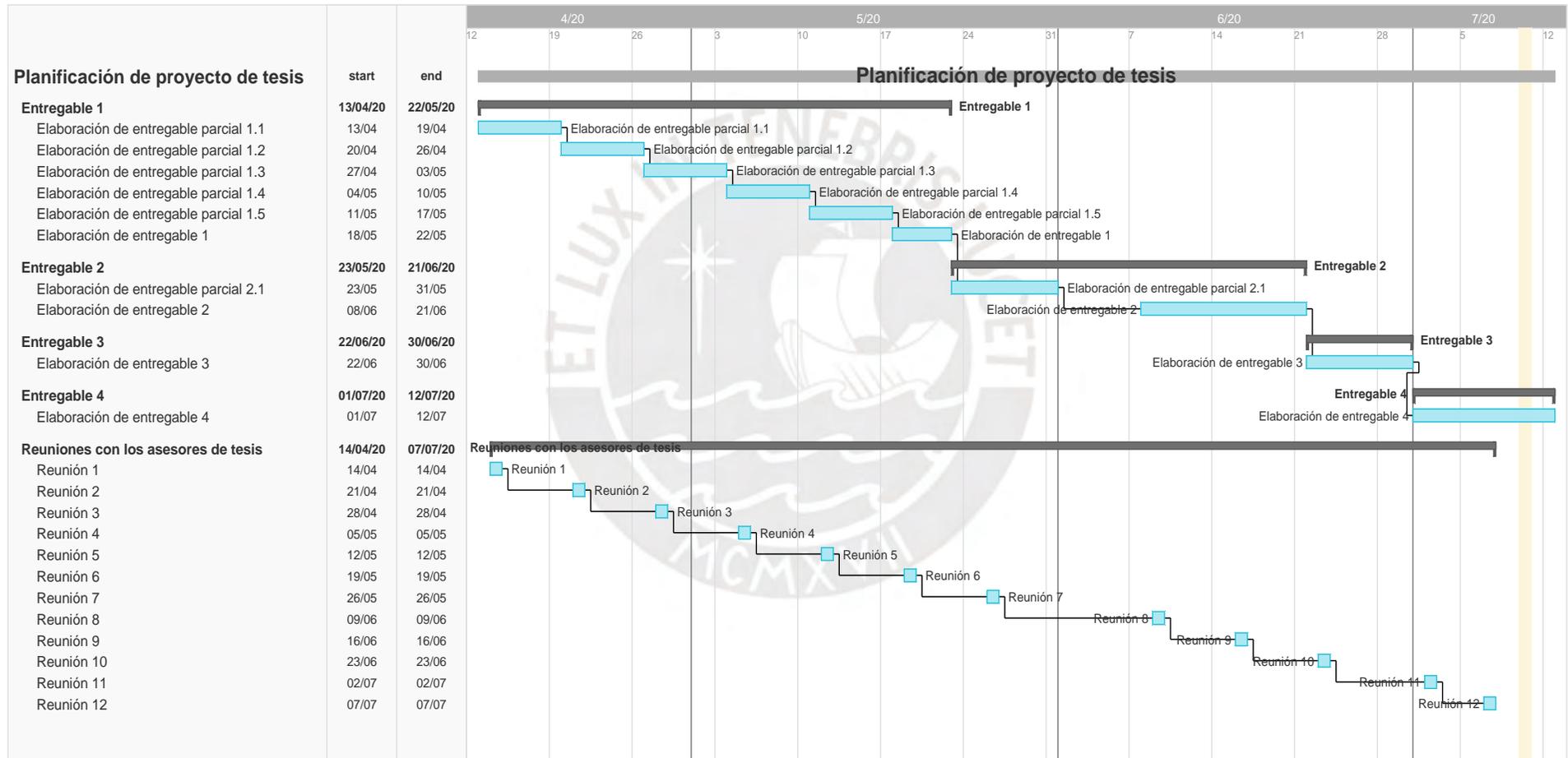


Figura 14 Anexo C: Diagrama de Gantt de la planificación de proyecto de tesis

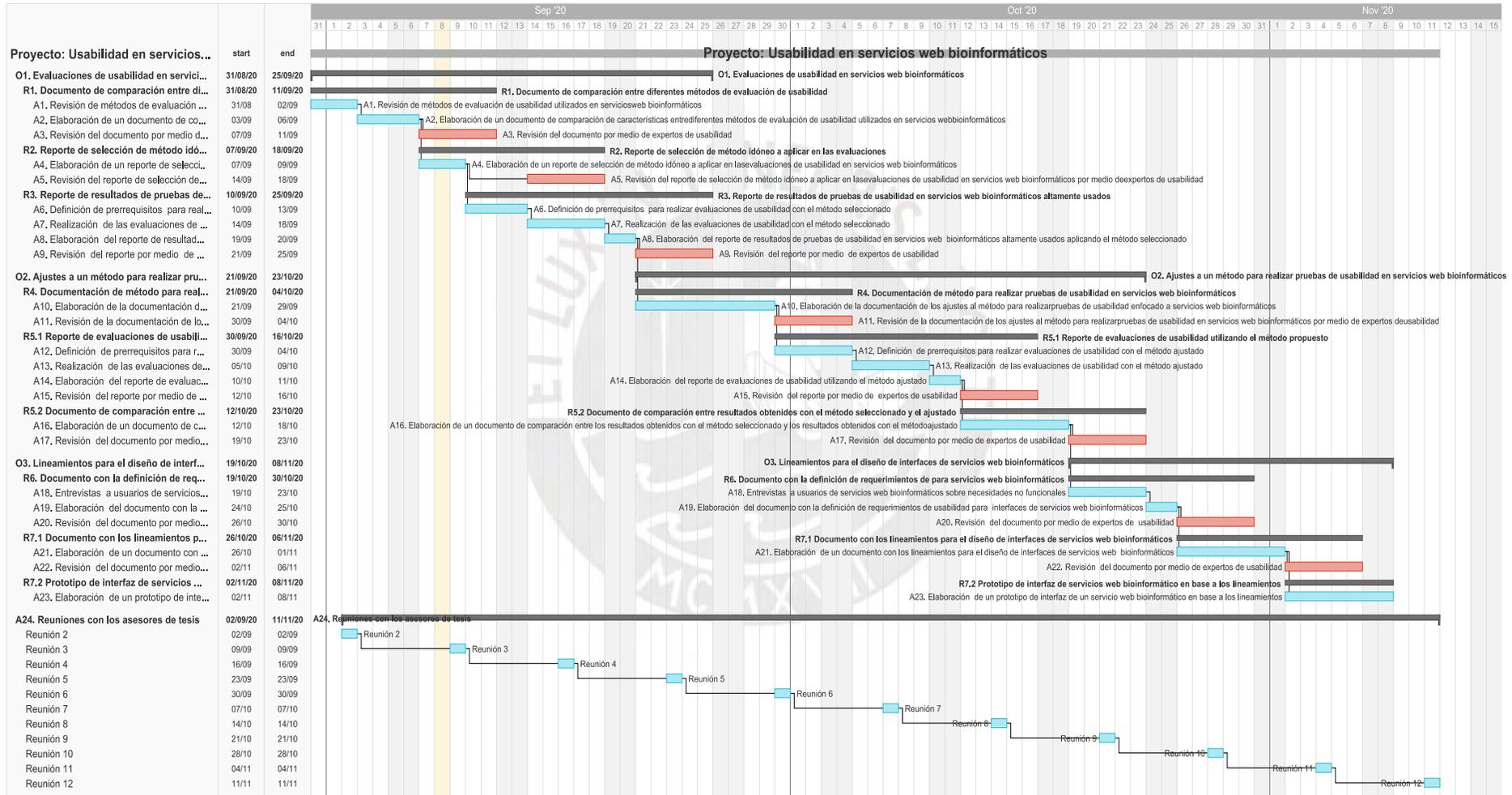


Figura 15 Anexo C: Diagrama de Gantt del proyecto de fin de carrera

Anexo D: Reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos

Este anexo contiene el documento del reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos. Este documento contiene presentación, descripción y comparación de características de métodos de evaluación de usabilidad ya utilizados en servicios web bioinformáticos, acorde a la revisión sistemática realizada en el documento de tesis y a la descripción del alcance del proyecto de fin de carrera.

1. Introducción

En este documento se presenta un reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos. Como inicio del reporte, se describen los métodos que se consideran dentro de este documento, así como las publicaciones sobre estudios de usabilidad en servicios web bioinformáticos en donde han sido utilizados. Finalmente, mediante un cuadro comparativo, se muestran las principales características entre estos métodos. Para la elaboración de este documento solo se han considerado métodos no heurísticos³⁰.

2. Presentación de métodos a comparar

En esta sección del documento se presentan los métodos de evaluación de usabilidad que se considerarán para la comparación de sus características. Adicionalmente, se hace referencia a las investigaciones sobre usabilidad en servicios web bioinformáticos en las que estos métodos han sido utilizados.

2.1. Prueba remota con usuarios mediante cuestionarios

Las pruebas remotas de usabilidad mediante cuestionarios son un método exploratorio de evaluación de usabilidad (Fidas et al., 2007). Este tipo de evaluaciones pueden ser consideradas como un nuevo paradigma para la evaluación de un sistema interactivo eficiente (Fidas et al., 2007). Este método facilita la participación de usuarios distantes

³⁰ Esta exclusión se debe a la definición del alcance dentro del plan de proyecto de tesis.

geográficamente y permite asegurar la efectividad de los costos puesto que, por ejemplo, no se requiere invertir en transporte para los evaluadores ni para los usuarios participantes (Fidas et al., 2007). Para realizar este tipo de evaluaciones se requiere una plataforma de cuestionarios en línea (Fidas et al., 2007).

Este método ha sido aplicado en diversos estudios de usabilidad en servicios web bioinformáticos utilizando diversos instrumentos³¹. En la evaluación de usabilidad de la herramienta wCReF (Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018) se utilizó este método haciendo uso del cuestionario de Ssemugabi (Ssemugabi & de Villiers, 2007) con un total de 12 participantes (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018). Asimismo, en las pruebas de usabilidad de TcruziKB (Mendes et al., 2008) y TcruziDB (Mendes et al., 2008) se utilizó este método haciendo uso del cuestionario SUS (por sus siglas en inglés, *System Usability Scale*) (Brooke, 1996) con un total de 30 participantes (Mcknight & Arpinar, 2012). Finalmente, este método fue utilizado en el estudio comparativo de usabilidad de BioPortal (Noy et al., 2009) haciendo uso del cuestionario QUIS (por sus siglas en inglés, *Questionnaire for User Interface Satisfaction*) (Chin et al., 1988) con un total de 33 participantes (Hu, Zeng, Chen, Larson, Chang, et al., 2007; Hu, Zeng, Chen, Larson, & Tseng, 2007)

2.2. Prueba con usuarios pensando en voz alta (thinking aloud)

El método de pensamiento en voz alta (*thinking aloud*) ha sido aplicado tradicionalmente en investigaciones educativas y psicológicas sobre el proceso cognitivo del ser humano (Jaspers et al., 2004). Asimismo, este método es utilizado para analizar en detalle la ejecución de tareas en un sistema de información, por medio de usuarios, con el fin de evaluar la usabilidad de su interfaz (Jaspers et al., 2004). Consiste en pedirle al participante completar una serie de tareas utilizando la aplicación a evaluar mientras piensa en voz alta (Nielsen, 2012a). En este método, el usuario debe verbalizar sus pensamientos mientras interactúan con la interfaz evaluada (Nielsen, 2012a). Este método puede ser aplicado de manera remota, ya que se requiere como mínimo una comunicación directa de audio y un medio para compartir la pantalla del usuario que participa de la evaluación (Fidas et al., 2007).

³¹ Según la revisión de literatura realizada para el estado del arte del proyecto de tesis.

Este método ha sido utilizado en algunos estudios de usabilidad en servicios web bioinformáticos². Por ejemplo, ha sido utilizado en la evaluación de usabilidad de las herramientas BioCarta (Nishimura, 2001), Swiss Prot (Bairoch & Boeckmann, 1991) y la base de datos de taxonomía del NCBI (por sus siglas en inglés, *National Center for Biotechnology Information*) (Federhen, 2012) con más de diez usuarios (Bolchini et al., 2009).

3. Comparación de características

En esta sección del reporte se presenta un cuadro comparativo con las principales características de los métodos descritos en la sección anterior. En base a la literatura relacionada a cada uno de los métodos seleccionados se busca resumir y mostrar de manera concisa las principales cualidades que se requerirán analizar para realizar una toma de decisión. Este cuadro comparativo puede ser observado en la tabla 19.



Tabla 19 Anexo D: Cuadro comparativo entre métodos de evaluación de usabilidad aplicados a servicios web bioinformáticos

Características	Prueba con usuarios mediante cuestionarios	Prueba con usuarios pensando en voz alta
Breve descripción	El evaluador no observa directamente al usuario mientras se utiliza la aplicación a evaluar, en cambio se utiliza como instrumentos las encuestas para recolectar datos de la experiencia del participante (Fidas et al., 2007).	Los participantes en el evaluación deben expresar sus pensamientos mientras ejecutan tareas utilizando la aplicación a evaluar (Nielsen, 2012a).
Tipo de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Exploratorio (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluativo (Fidas et al., 2007)
Tipos de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativos (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cualitativos (Nielsen, 2012a)
Etapas del desarrollo en el que puede ser aplicado	<ul style="list-style-type: none"> • En todas las etapas (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • En todas las etapas (Nielsen, 2012a)
Requerimientos mínimos para ser aplicados de forma remota	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma de cuestionarios en línea (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Medio de comunicación directo de audio (Fidas et al., 2007) • Aplicación para compartir la pantalla del participante (Fidas et al., 2007)

<p>Principales beneficios</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Económico: No requiere de equipamiento especial (Fidas et al., 2007) • Práctico: Puede ser aplicado con un número grande de usuarios (Fidas et al., 2007) • Realístico: El usuario utiliza el software en un entorno más cercano al real (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Económico: No requiere de equipamiento especial (Nielsen, 2012a) • Robusto: Los resultados son buenos aun cuando no se sigue la metodología al pie de la letra (Nielsen, 2012a) • Flexible: Se puede aplicar el método en cualquiera de las etapas del desarrollo (Nielsen, 2012a)
<p>Principales inconvenientes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para entablar confianza con el usuario participante (Fidas et al., 2007) • No se pueden capturar las expresiones faciales de los usuarios (Fidas et al., 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • El contexto de la evaluación no es cercano al contexto real (Nielsen, 2012a) • Existe el riesgo que el usuario participante no comparta todos sus pensamientos en voz alta (Nielsen, 2012a)

4. Apéndices

4.1. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad



Manuel A. Bezerra Brandao Corrales <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Acta de aceptación de documento

Jose Antonio Pow Sang Portillo <japowsang@pucp.edu.pe>
Para: "Manuel A. Bezerra Brandao Corrales" <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>
Cc: Layla Hirsh Martinez <lhirsh@pucp.edu.pe>

11 de septiembre de 2020, 18:44

Nombre del documento: Reporte de comparación de características entre métodos de evaluación de usabilidad que hayan sido utilizados en servicios web bioinformáticos.

Descripción del documento: Documento que contiene presentación, descripción y comparación de características de métodos de evaluación de usabilidad ya utilizados en servicios web bioinformáticos, acorde a la revisión sistemática realizada en el documento de tesis y a la descripción del plan del proyecto de fin de carrera.

Mediante la presente acta, yo, José Antonio Pow Sang Portillo, dejo constancia de que se ha revisado por medio de juicio experto el documento, descrito en los puntos anteriores, perteneciente al proyecto de tesis Usabilidad en servicios web bioinformáticos. Adicionalmente, en el siguiente cuadro se describen las observaciones que se podrían levantar para mejorar el documento.

Veredicto:

(X) Aceptado () Requiere levantar algunas observaciones

Observaciones:

Sin observaciones

Lima, 11 de setiembre de 2020

—
Dr. José Antonio Pow-Sang P.
Profesor Principal | Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado
Director de la Maestría en Informática
japowsang@pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
+51-1-626-2000 Ext. 5111
<http://www.pucp.edu.pe/jose-pow-sang-portillo/>



Senior Member
jose.powsang.pe@ieee.org



Anexo E: Reporte de selección del método e instrumento de evaluación de usabilidad idóneos ya utilizados en servicios web bioinformáticos

Este anexo contiene el documento del reporte de selección de método e instrumento de evaluación de usabilidad idóneos ya utilizados en servicios web. Este documento contiene presentación, descripción del contexto respecto al uso de servicios web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI, discusión respecto a necesidades para las evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos, la relación con los métodos de evaluación de usabilidad no-heurísticos utilizados anteriormente y conclusión presentando el método idóneo y el instrumento seleccionado.

1. Introducción

En este documento se presenta un reporte de selección del método de evaluación de usabilidad idóneo ya utilizado en servicios web bioinformáticos. Para esto, se describe el contexto actual respecto al uso de los servicios web bioinformáticos Según el alcance definido para este proyecto de fin de carrera³², se consideran los servicios web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular - Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés). Luego de la descripción del contexto, se realiza una discusión en base a las características de métodos ya utilizados en servicios web bioinformáticos, descritas en el reporte de comparación³³, y en las necesidades identificadas en el contexto. Finalmente, se presenta como conclusión el método de evaluación de usabilidad seleccionado como el método idóneo a aplicar en futuras pruebas de usabilidad sobre servicios web bioinformáticos y el instrumento a utilizar.

2. Usuarios de los servicios web bioinformáticos

El Instituto Europeo de Bioinformática (EMBL-EBI) brinda herramientas para la investigación en bio-ciencia y biotecnología por medio de infraestructura tecnológica, bases de datos y servicios web de código abierto (Cook et al., 2018). El número de datos con el que el EMBL-EBI trabaja crece de manera exponencial con el pasar de los años y esta

³² Ubicado en el [anexo B](#) al documento de tesis.

³³ Ubicado en el [anexo D](#) al documento de tesis.

tendencia continuará (Cook et al., 2018). En 2017 la capacidad de almacenamiento del EMBL-EBI fue de 120 Petabytes (Cook et al., 2018). Anualmente, la demanda de este espacio de almacenamiento crece entre un 40-50% (Cook et al., 2018).

La doctora Silke Schumacher, directora de Relaciones Internacionales del EMBL, en una ponencia realizada el año 2010, presentó un informe gráfico respecto a la ubicación geográfica de los miembros pertenecientes al EMBL (Schumacher, 2010). Este gráfico se muestra en la figura 16 de este documento.

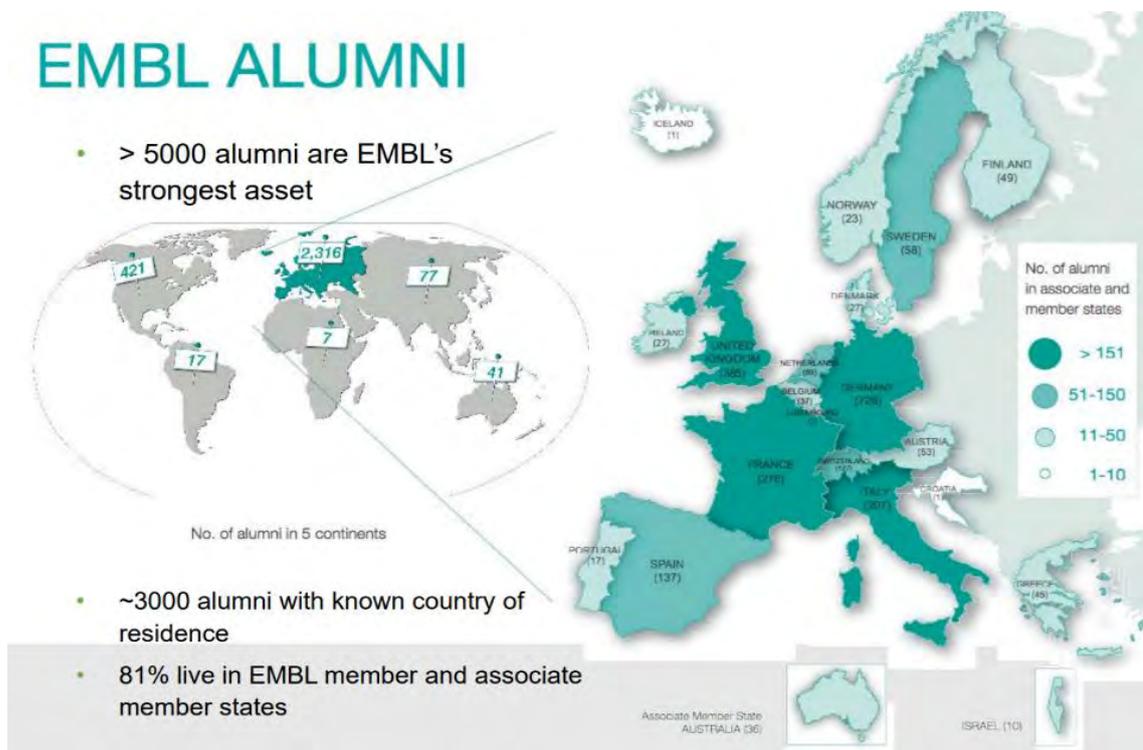


Figura 16 Anexo E: Mapa de ubicación geográfica de miembros del EMBL (Schumacher, 2010)

De esta ilustración, se puede afirmar que la mayor concentración de investigadores que trabajan con las herramientas que brinda el EMBL, específicamente los servicios web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI, se encuentra ubicada en el continente europeo. Asimismo, este instituto se encuentra ubicado en el campus Wellcome Genome en Hinxton, al sur de Cambridge³⁴. De esto se infiere que la mayoría de usuarios de estos servicios web bioinformáticos tiene dominio del idioma inglés.

³⁴ Tomado de la página web del EMBL-EBI <https://www.ebi.ac.uk>



Figura 17 Anexo E: Foto del EMBL-EBI (Hirsh, 2019)

3. Discusión

Según lo presentado en la sección anterior, es innegable la necesidad de que el método de evaluación de usabilidad idóneo para servicio web bioinformáticos en este proyecto requiere contar con la posibilidad de ser aplicado de manera remota. Se ha identificado que tanto la prueba remota mediante cuestionarios (Fidas et al., 2007) y la prueba con usuario pensando en voz alta (*thinking aloud*) (Nielsen, 2012a) pueden ser aplicadas de esta manera.

Se debe considerar además que los usuarios de estos servicios web bioinformáticos se encuentran ubicados en diversas partes del mundo, especialmente en diversos países europeos, tal como se muestra en la ilustración 1. Si se realiza una categorización de usuarios según ubicación geográfica, existen muchos tipos de usuarios, cada uno con un contexto diferente según su ubicación. Por ello, durante una evaluación de usabilidad, se requiere contar información realística respecto a la diversidad de usuarios según ubicación geográfica. Con las pruebas remotas mediante cuestionarios, se tienen resultados efectivos debido a que el software es utilizado en un entorno más cercano a la realidad (Fidas et al., 2007). En el caso de las pruebas con usuarios pensando en voz alta, el contexto de la evaluación no es cercano al contexto real, debido a que el evaluar construye la situación para la evaluación (Nielsen, 2012a).

Debido a las investigaciones y proyectos de los que son parte muchos de los investigadores que se requieren como participantes en este tipo de evaluaciones, se dificulta aplicar un

método que demande tiempo, como la evaluación con usuarios pensando en voz alta (*thinking aloud*). En cambio, la prueba con usuarios mediante cuestionarios puede ser aplicada sin que los participantes requieran invertir gran parte de su tiempo disponible.

Se requiere un método que pueda ser replicado con cada usuario participante de manera eficiente, con el fin de obtener un resultado objetivo. Frente a esto, los datos que se recolectan mediante la prueba con usuarios pensando en voz alta varía no puede ser aplicado con muchas personas, a diferencia del método de evaluación remota mediante cuestionarios (Fidas et al., 2007).

Finalmente, según la revisión sistemática realizada en el capítulo 3 del documento de tesis, se ha determinado que el método de evaluación de usabilidad más utilizado sobre servicios web bioinformáticos es la prueba con usuarios mediante cuestionarios.

4. Conclusión

Según los puntos expuestos en la discusión, se llega a la conclusión de seleccionar como método de evaluación de usabilidad idóneo a aplicar en servicio web bioinformáticos a la prueba remota con usuarios mediante cuestionarios. Para esto, será necesario definir qué instrumento se utilizará para aplicar este método de evaluación de usabilidad.

El instrumento más utilizado para este tipo de pruebas en servicios web bioinformáticos es el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés)³⁵. Este cuestionario fue creado en 1986 por John Brooke como parte del programa de ingeniería de usabilidad sobre sistemas integrados de oficina (Brooke, 1996). Consta de 10 preguntas que permiten obtener una visión global respecto a la usabilidad de la interfaz evaluada (Brooke, 1996).

Este instrumento cuenta con una serie de herramientas que permiten interpretar de manera descriptiva los resultados obtenidos al ser aplicado. Por ejemplo, se tienen las categorías de Sauro que, en base a un set de datos normalizado de resultados SUS, describen la interfaz evaluada (Sauro, 2018).

Por todo esto, se ha seleccionado el método de evaluación de usabilidad con usuarios mediante cuestionarios utilizando el instrumento SUS, aplicado en inglés, como el método idóneo a utilizar en servicios web bioinformáticos.

³⁵ En base a la revisión sistemática realizada en el capítulo 3 del documento de tesis.

5. Apéndices

5.1. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad



Manuel A. Bezerra Brandao Corrales <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Acta de aceptación de documento

1 mensaje

Jose Antonio Pow Sang Portillo <japowsang@pucp.pe>

18 de septiembre de 2020, 16:32

Para: "Manuel A. Bezerra Brandao Corrales" <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Nombre del documento: Reporte de selección del método de evaluación de usabilidad idóneo ya utilizado en servicios web bioinformáticos.

Descripción del documento: Documento que contiene presentación, descripción del contexto respecto al uso de servicio web bioinformáticos ofrecidos por el EMBL-EBI, discusión respecto a necesidades para las evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos, la relación con los métodos de evaluación de usabilidad no-heurísticos utilizados anteriormente y conclusión presentando el método idóneo y el instrumento seleccionado.

Mediante la presente acta, yo Jose Antonio Pow Sang Portillo dejo constancia de que se ha revisado por medio de juicio experto el documento, descrito en los puntos anteriores, perteneciente al proyecto de tesis Usabilidad en servicios web bioinformáticos. Adicionalmente, en el siguiente cuadro se describen las observaciones que se podrían levantar para mejorar el documento.

Veredicto:

(x) Aceptado () Requiere levantar algunas observaciones

Observaciones:

Sin observaciones

—
Dr. José Antonio Pow-Sang P.
Profesor Principal | Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado
Director de la Maestría en Informática
japowsang@pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
+51-1-626-2000 Ext. 5111
<http://www.pucp.edu.pe/jose-pow-sang-portillo/>



Senior Member
jose.powsang.pe@ieee.org



Anexo F: Reporte de resultados de pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método e instrumento seleccionados

Este anexo contiene el documento del reporte de resultados de pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método e instrumento idóneos seleccionados. Este documento contiene una introducción sobre el reporte, la presentación del servicio web bioinformático, el método e instrumento de evaluación, las herramientas para aplicar e interpretar los resultados. Asimismo, el documento contiene un reporte descriptivo de los resultados obtenidos y conclusiones.

1. Introducción

En este documento se presenta un reporte de resultados de pruebas de usabilidad en servicios web bioinformáticos altamente usados aplicando el método idóneo seleccionado. En primer lugar, se definirán los prerrequisitos para realizar esta evaluación de usabilidad, presentando el servicio web bioinformático a evaluar, el método seleccionado y el instrumento a utilizar. Luego de esto, se realiza una presentación de los resultados obtenidos y se finaliza el reporte presentando conclusiones.

2. Definición de prerrequisitos

En esta sección del documento se muestran los prerrequisitos necesarios para la evaluación de usabilidad en un servicio web bioinformáticos, como el realizado en este reporte.

2.1. Servicio web bioinformático a evaluar - Pfam

Para esta evaluación de usabilidad se determinó utilizar el servicio web bioinformático Pfam (Finn, 2006). Este es una base de datos completa de familias de proteínas ofrecida por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular - Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés) que cuenta con más de 17,900 familias (El-Gebali et al., 2019). La página web principal de este servicio puede ser observada en la figura 18.

Pfam 33.1 (May 2020, 18259 entries)

The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by multiple sequence alignments and hidden Markov models (HMMs). [More...](#)

QUICK LINKS	YOU CAN FIND DATA IN PFAM IN VARIOUS WAYS...
SEQUENCE SEARCH	Analyze your protein sequence for Pfam matches
VIEW A PFAM ENTRY	View Pfam annotation and alignments
VIEW A CLAN	See groups of related entries
VIEW A SEQUENCE	Look at the domain organisation of a protein sequence
VIEW A STRUCTURE	Find the domains on a PDB structure
KEYWORD SEARCH	Query Pfam by keywords
JUMP TO	<input type="text" value="Enter any accession or ID"/> <input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Example"/>
	Enter any type of accession or ID to jump to the page for a Pfam entry or clan, UniProt sequence, PDB structure, etc.
	Or view the help pages for more information

Recent Pfam [blog](#) posts

[Hide this](#)

[A new Pfam-B is released](#) (posted 30 June 2020)

In addition to our HMM-based Pfam entries (Pfam-A), we used to make a set of automatically generated, non-HMM based entries called Pfam-B. The Pfam-B entries were derived from clusters generated by applying the ADDA algorithm to an all-against-all BLAST search of UniRef-40, and removing any regions covered by Pfam-A. The overhead of producing Pfam-B in [...]

[Pfam 33.1 is released](#) (posted 1 June 2020)

We are pleased to announce the release of Pfam 33.1! Some of you may have noticed that we never released Pfam 33.0 – we had initially planned to do so in March 2020, but due to the global pandemic, we redirected our efforts to updating the Pfam SARS-CoV-2 models instead (see previous blog posts Pfam [...])

[Pfam SARS-CoV-2 special update \(part 2\)](#) (posted 6 April 2020)

This post presents an update to last week's post. Since the initial release of the 40 Pfam profile HMMs that match SARS-CoV-2, we have now produced a set of flatfiles that are more typical of a Pfam release. These files make our updated annotations that describe the entries available for download, prior to being released [...]

Figura 18 Anexo F: Página web principal de Pfam <https://pfam.xfam.org/>

De acuerdo a Scopus³⁶, una base de datos de artículos STM (ciencia, tecnología y medicina por sus siglas en inglés), el artículo académico *The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future* (Finn et al., 2016) cuenta con más de 2,600 citaciones y cuenta con un puntaje de impacto según área de investigación de 176.85³⁷. El gráfico con las citaciones del artículo mencionado en los últimos 5 años puede ser observado en la figura 19.

³⁶ Tomado de <https://www.scopus.com/record/pubmetrics.uri?eid=2-s2.0-84976865403>

³⁷ Según Scopus, este indicador muestra que tanto impacto tiene la publicación en comparación a documentos similares. Un valor mayor a 1.00 significa que el artículo académico ha sido citado más de lo esperado.

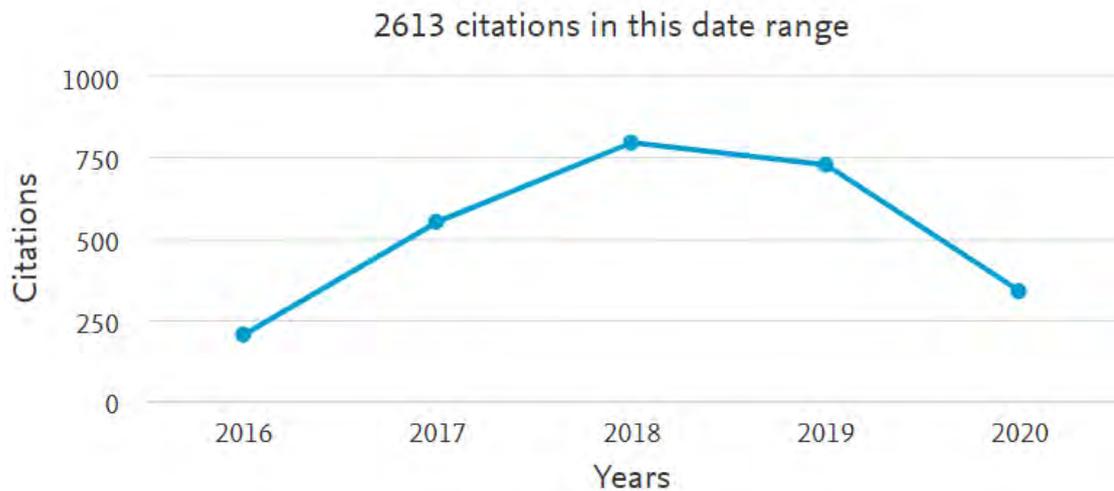


Figura 19 Anexo F: Gráfica de número de citas por año del artículo académico *The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future*

Con la información presentada en los párrafos anteriores, se puede concluir que Pfam es un servicio web bioinformático altamente utilizado en la investigación relacionada a Bioinformática.

2.2. Método de evaluación de usabilidad

El método utilizado para evaluar en términos de usabilidad al servicio web bioinformático Pfam es la prueba con usuarios remota mediante cuestionario (Fidas et al., 2007). Además, se ha seleccionado el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) como instrumento a utilizar en esta prueba.

Este método facilita la participación de diversos usuarios ubicaciones en diferentes posiciones geográficas en esta evaluación (Fidas et al., 2007). Asimismo, los resultados obtenidos reflejan la realidad respecto a la usabilidad de la interfaz gráfica del servicio web bioinformático evaluado debido a que se mide según una experiencia verdadera.

2.3. Formulario y herramientas

El instrumento SUS (Brooke, 1996), brinda un resultado escalar de manera global respecto a la usabilidad de una interfaz en base a diez preguntas para marcar (Brooke, 1996). Debe ser aplicado en participantes que ya hayan utilizado la herramienta a evaluar previamente (Brooke, 1996). Asimismo, se le debe solicitar que el usuario participante responda sin analizar profundamente sus respuestas, para mantener la objetividad de los resultados (Brooke, 1996).

Cada pregunta consta de una afirmación a la cual el usuario debe responder en una escala del 1 al 5, siendo 1 “Totalmente en desacuerdo” y 5 “Totalmente de acuerdo” con la afirmación correspondiente (Brooke, 1996).

Este cuestionario será aplicado mediante la herramienta Google Forms³⁸. Se cuenta con tres secciones y la totalidad del formulario está escrito en inglés. En la primera sección se realiza una breve introducción al proyecto de fin de carrera y se presenta el consentimiento informado para el uso de los datos recolectados³⁹.

En la segunda sección del formulario se le pregunta al participante respecto a su ocupación y si cuenta con alguna experiencia utilizando el servicio web bioinformático evaluado.

Finalmente, en la última sección, se presentan las diez preguntas del cuestionario SUS (Brooke, 1996) para que el usuario responda según su experiencia utilizando el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019). Como apéndice a este reporte se presentan capturas de cada sección del formulario elaborado en Google Forms.

El autor del cuestionario presenta una fórmula para la calificación escalar del sistema evaluado. Según Brooke, cada pregunta tiene un puntaje del 0 al 4 (Brooke, 1996). Para las afirmaciones 1, 3, 5, 7, y 9 el puntaje asignado es el valor de la posición escalar menos 1 (Brooke, 1996). Para las afirmaciones 2, 4, 6, 8 y 10 el puntaje asignado es 5 menos el valor de la posición escalar (Brooke, 1996). Finalmente, se debe sumar todos los puntajes

³⁸ Ofrecida como parte del paquete GSuite, <https://gsuite.google.com/intl/es-419/products/forms/>

³⁹ Tomando como referencia el Protocolo de consentimiento informado para participantes del Comité de ética para la investigación con seres humanos y animales del Vicerrectorado de Investigación PUCP <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/3614.pdf>

y multiplicarlo por 2.5 para obtener el resultado final (Brooke, 1996). El resultado del puntaje varía del 0 al 100 (Brooke, 1996).

La interpretación del puntaje final que se obtiene luego de aplicar el cuestionario será realizada en base a lo propuesto en *5 Ways to Interpret a SUS Score* (Sauro, 2018). En esta publicación, Sauro explica la interpretación del resultado según percentiles, calificaciones, adjetivos, admisibilidad y NPS (*Net Promoter Score*, por sus siglas en inglés) (Sauro, 2018). Estas interpretaciones pueden ser observadas en la figura 20.

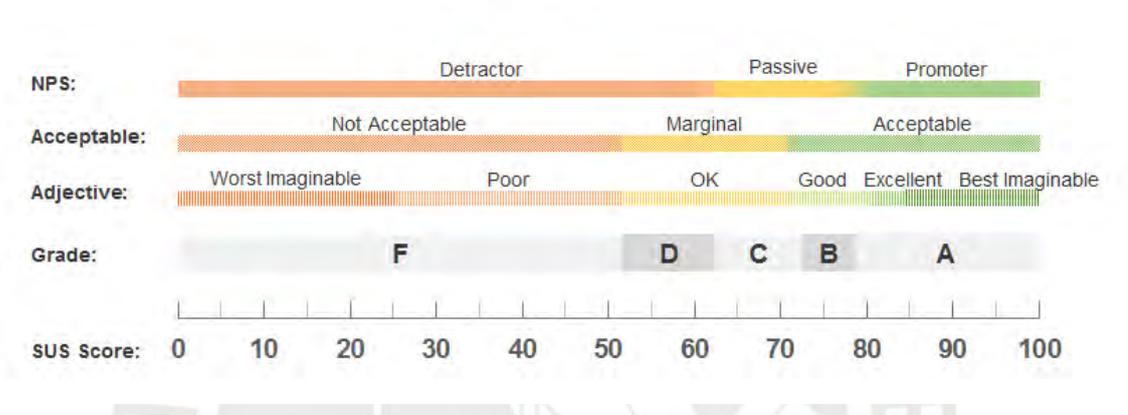


Figura 20 Anexo F: Categorías de percentiles, calificaciones, adjetivos y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018)

Asimismo, se muestra en la tabla 20 la clasificación de los resultados sus según las categorías observadas en la figura 20.

Tabla 20 Anexo F: Categorías de percentiles, calificación, adjetivos, admisibilidad y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018)

SUS	Calificación	Rango Percentil	Adjetivo	Admisibilidad	NPS
84.1 - 100	A+	96 - 100	Ideal	Admisible	Promotor
80.8 - 84.0	A	90 - 95	Excelente	Admisible	Promotor
78.9 - 80.8	A-	85 - 89		Admisible	Promotor
77.2 - 78.8	B+	80 - 84		Admisible	Pasivo
74.1 - 77.1	B	70 - 79		Admisible	Pasivo
72.6 - 74.0	B-	65 - 69		Admisible	Pasivo
71.1 - 72.5	C+	60 - 64	Bueno	Admisible	Pasivo
65.0 - 71.0	C	41 - 59		Neutral	Pasivo
62.7 - 64.9	C-	35 - 40		Neutral	Pasivo
51.7 - 62.6	D	15 - 34	OK	Neutral	Detractor
25.1 - 51.6	F	2 - 14	Pobre	No admisible	Detractor
0 - 25	F	0 - 1.9	Atroz	No admisible	Detractor



Los percentiles están basados en un gran set de datos normalizado de resultados SUS (Sauro, 2018). Estos percentiles posicionan al resultado obtenido en comparación a los resultados registrados en el set de datos, como se observa en la figura 21.

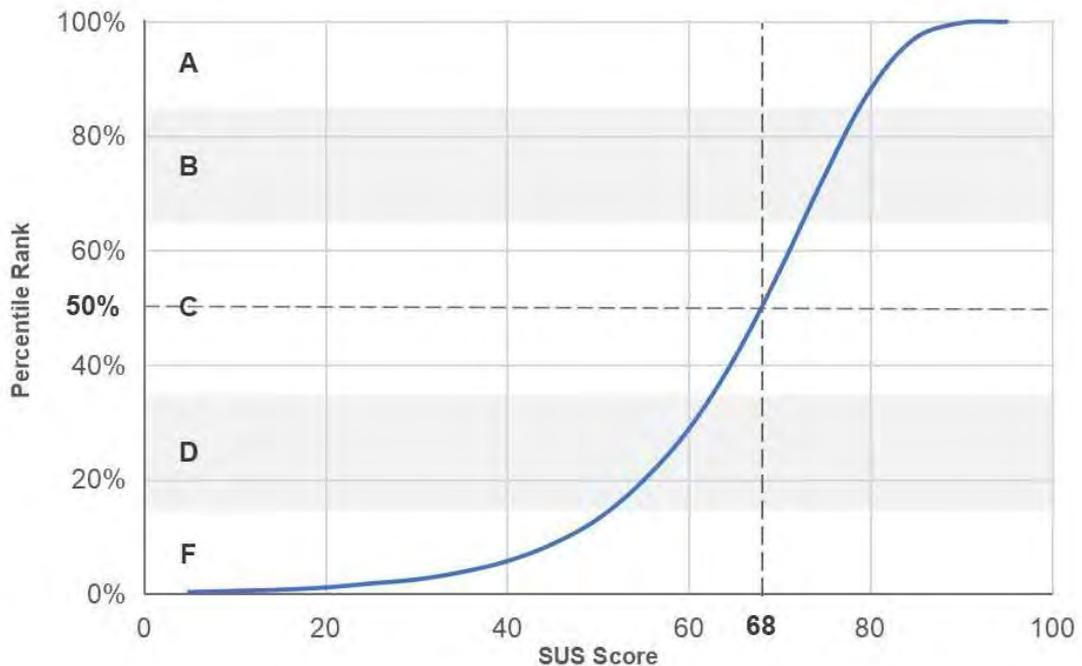


Figura 21 Anexo F: Puntaje SUS en una curva con percentiles y calificaciones (Sauro, 2018)

En base a los rangos percentiles y al set de resultados SUS se definen calificaciones, adjetivos y admisibilidad (Sauro, 2018). Según el estudio realizado sobre la relación entre el resultado SUS y el puntaje NPS, se puede clasificar el total final como “Promotor”, “Pasivo” y “DetraCTOR” (Sauro, 2012). La clasificación “Promotor” indica que los usuarios tienden a recomendar el servicio evaluado, mientras que la clasificación “DetraCTOR” indica que los usuarios tienden a realizar lo contrario (Sauro, 2018).

3. Resultados obtenidos

El cuestionario fue enviado a diversos investigadores bioinformáticos para que sea compartido y respondido por personas que hayan utilizado la herramienta Pfan anteriormente. Se consiguió respuesta de doce personas.

3.1. Resultados demográficos

Se preguntó a los participantes el rango de edad al que pertenecen. Se obtuvo que el 25% tiene menos de 20 años, el 25% tiene entre 20 y 29 años, el 33.33% tiene entre 30 y 39 años, el 8.33% tiene entre 40 y 49 años y el 8.33% restante tiene más de 60 años. Estos resultados se pueden observar en el gráfico 3.

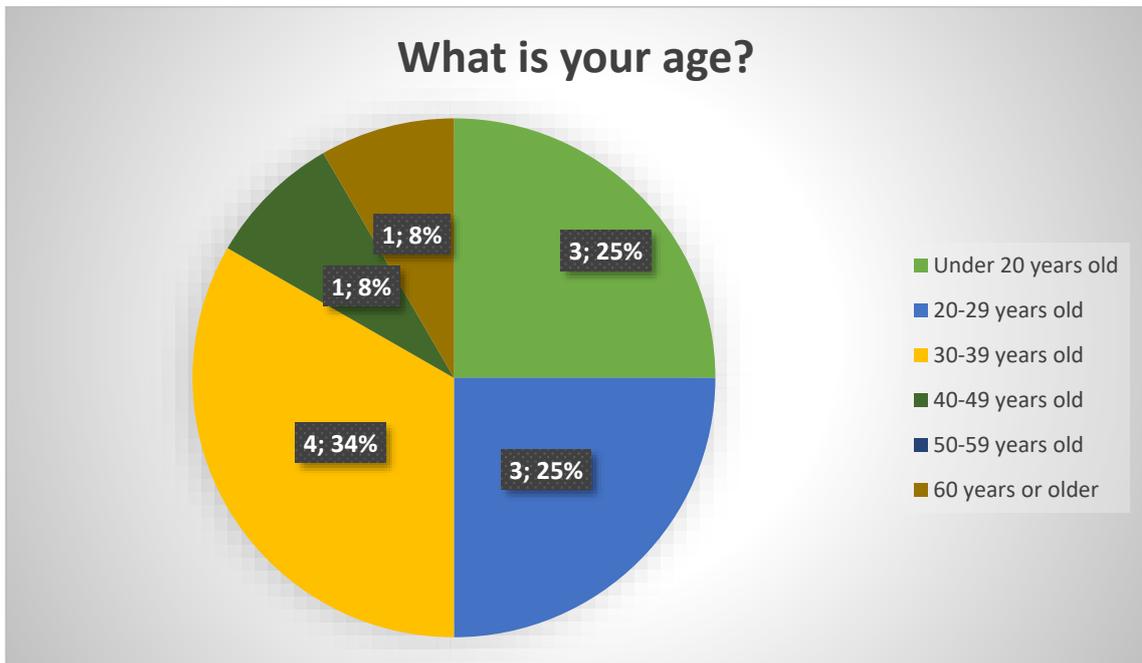


Gráfico 3 Anexo F: Respuestas a "What is your age?"

Se preguntó a los participantes su país de nacimiento. Se obtuvo que el 25% nació en Argentina, el 50% nació en Perú, el 8.33% nació en Rusia, el 8.33% nació en Suecia y el 8.33% restante nació en España. Estos resultados se pueden observar en el gráfico 4.

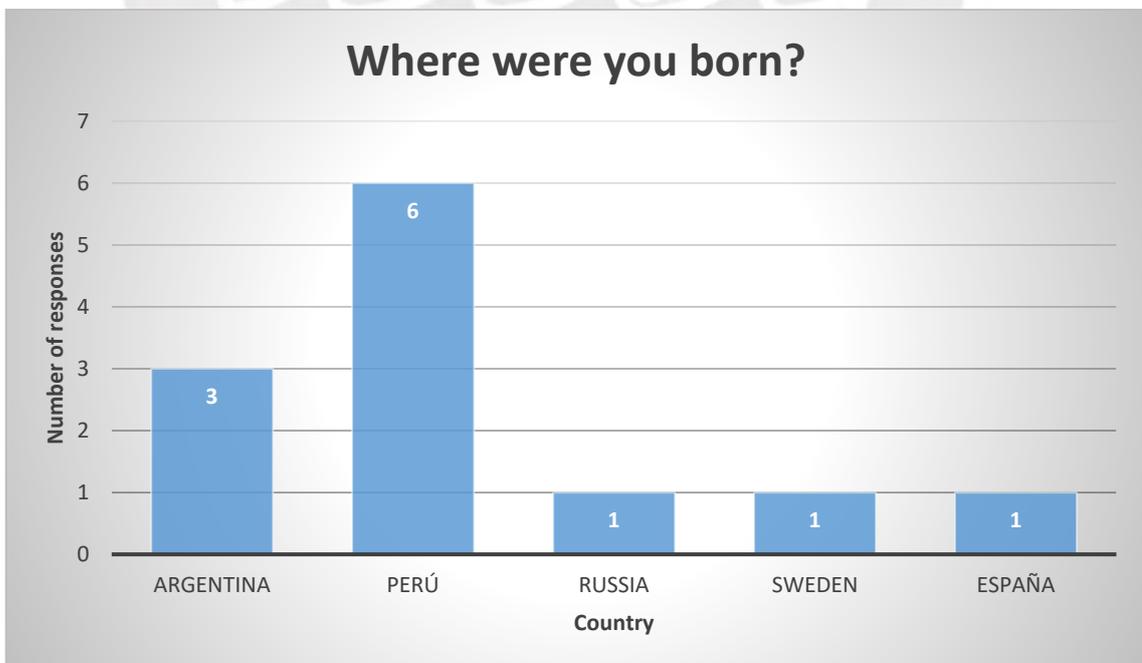


Gráfico 4 Anexo F: Respuestas a "Where were you born?"

Se preguntó a los participantes cuál es su ocupación actual, con la posibilidad de marcar más de una respuesta. Se encontró que el 58.33% de los participantes son investigadores. Además, 16.67% de los participantes son profesores y 33.33% de los participantes son estudiantes. Estos resultados se pueden observar en el gráfico 5.

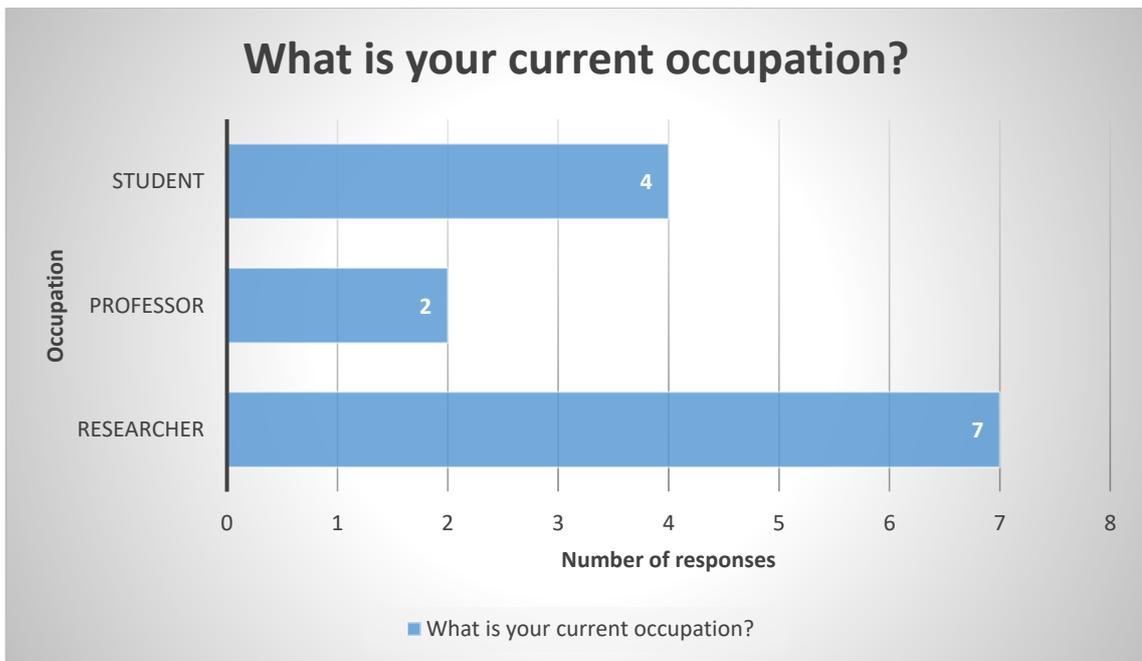


Gráfico 5 Anexo F: Respuestas a "What is your current occupation?"

De manera opcional, se preguntó a los participantes cuál es su área de especialización. Se encontró que la mayoría se especializa en Bioinformática. Además, algunos participantes se especializan en Biocuración, Biofísica, Biología Molecular, Ingeniería Biomédica, entre otros. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 6.

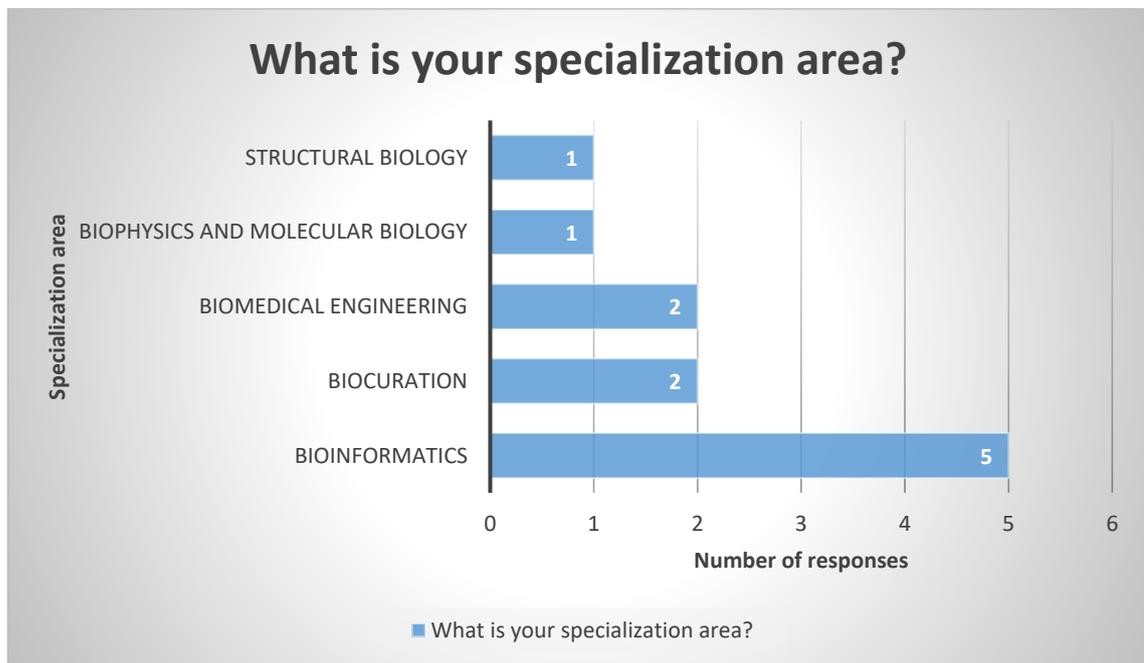


Gráfico 6 Anexo F: Respuestas a la pregunta opcional "What is your specialization area?"

Finalmente, para dar inicio al cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996), se preguntó a los participantes si habían usado anteriormente el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019). Se encontró que solo el 75% de los participantes habían tenido una experiencia previa con el servicio. Al 25% restante se le solicitó que tengan una experiencia previa con el servicio web bioinformático evaluado para poder continuar con el formulario. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 7.

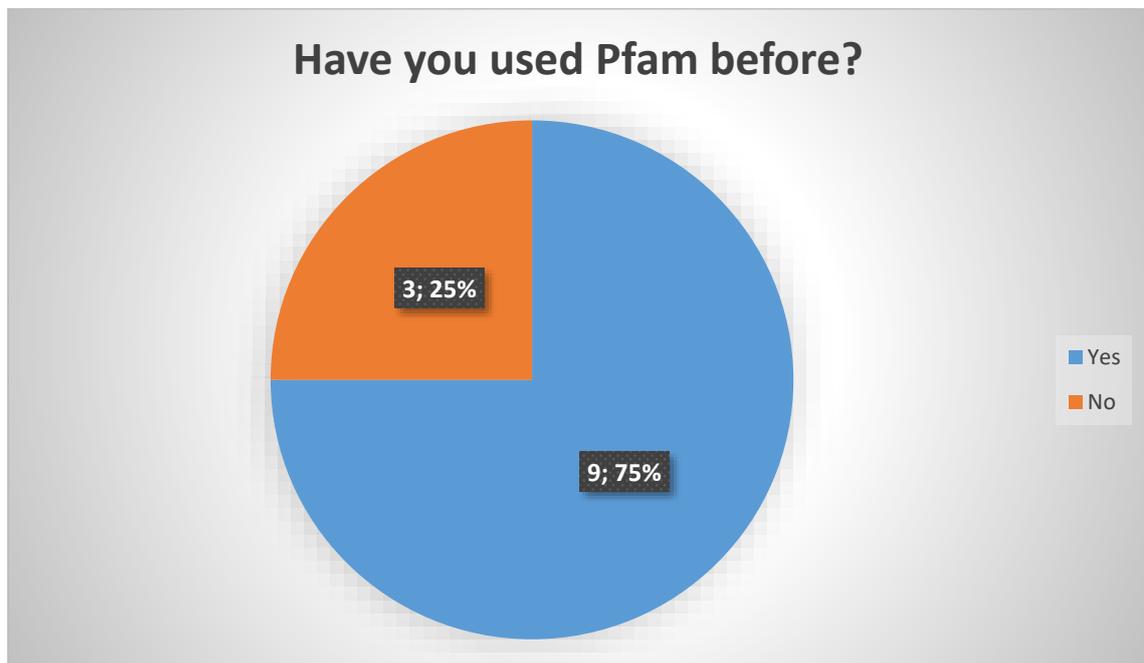


Gráfico 7 Anexo F: Respuestas a “Have you used Pfam before?”

3.2. Resultados de cuestionario SUS (Brooke, 1996)

Los participantes de la evaluación respondieron a las 10 preguntas del cuestionario SUS (Brooke, 1996). Los resultados están resumidos en la tabla 21. Por cada fila se presenta una afirmación del cuestionario SUS. En cada columna se observa el número de veces que la opción ha sido marcada. Asimismo, los resultados por cada pregunta pueden ser observados en los gráficos del 8 al 17.

Tabla 21 Anexo F: Resumen de resultados obtenidos del cuestionario SUS

Cuestionario SUS (Brooke, 1996)	1	2	3	4	5
1. <i>I think that I would like to use this system frequently</i>	0	2	4	3	3
2. <i>I found the system unnecessarily complex</i>	3	3	4	2	0
3. <i>I thought the system was easy to use</i>	0	2	5	2	3
4. <i>I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system</i>	3	2	6	1	0
5. <i>I found the various functions in this system were well integrated</i>	1	0	3	4	4
6. <i>I thought there was too much inconsistency in this system</i>	4	2	6	0	0
7. <i>I would imagine that most people would learn to use this system very quickly</i>	0	1	5	4	2
8. <i>I found the system very cumbersome to use</i>	3	1	7	0	1
9. <i>I felt very confident using the system</i>	0	0	5	6	1
10. <i>I needed to learn a lot of things before I could get going with this system</i>	3	1	6	1	1

En la primera afirmación, los participantes difirieron respecto a su preferencia de utilizar Pfan frecuentemente, como se observa en el gráfico 8. El promedio de estas respuestas es aproximadamente 3.92, lo que indica una tendencia afirmativa respecto a la afirmación.

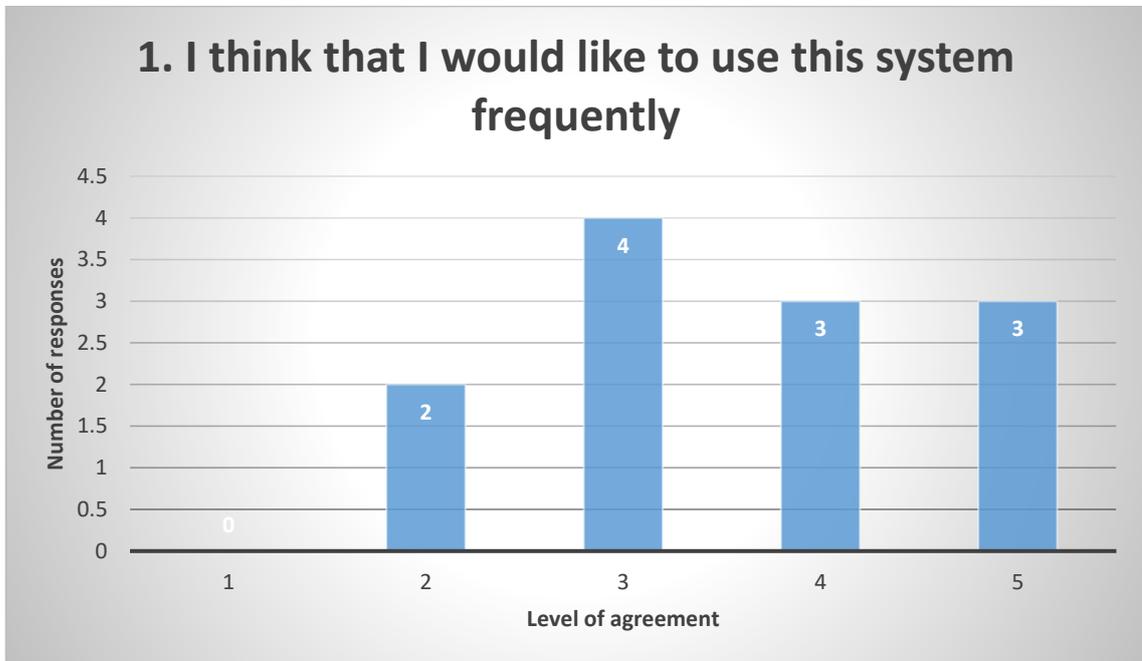


Gráfico 8 Anexo F: Respuestas a "1. I think that I would like to use this system frequently"

En la segunda afirmación, los participantes presentan una tendencia a considerar que Pfan no es un sistema complejo innecesariamente, como se observa en el gráfico 9. El promedio de estas respuestas es aproximadamente 2.42.

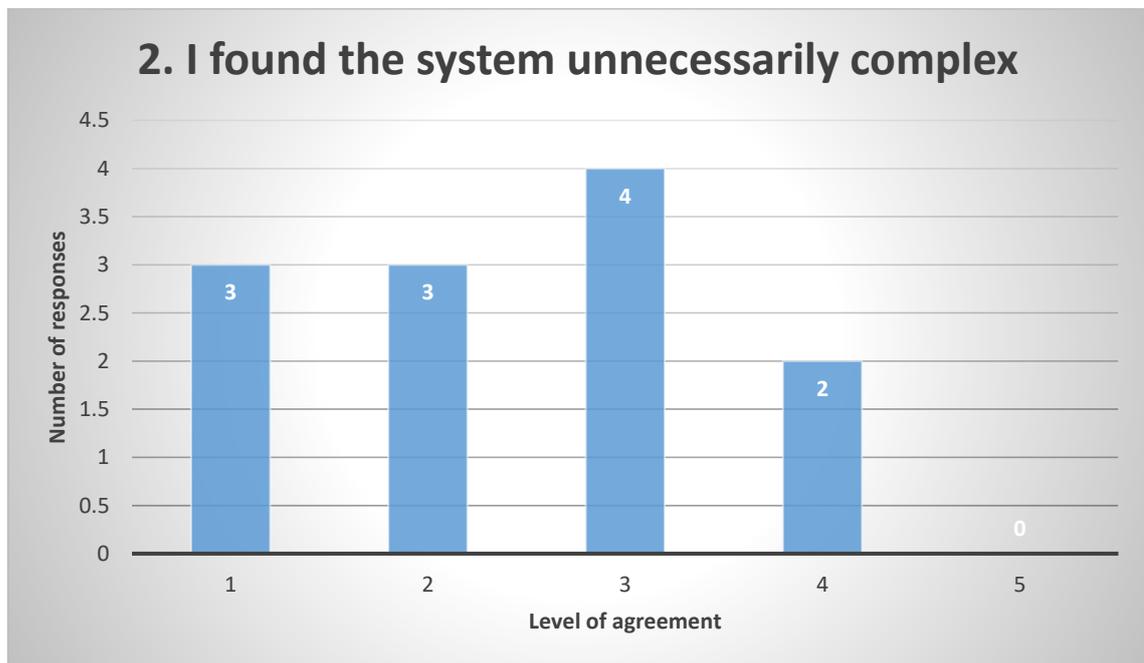


Gráfico 9 Anexo F: Respuestas a "2. I found the system unnecessarily complex"

En la tercera afirmación, los participantes difirieron respecto a tu opinión sobre la facilidad de uso de Pfam, como se observa en el gráfico 10. El promedio de estas respuestas es 3.5, lo que indica una tendencia positiva respecto a la afirmación.

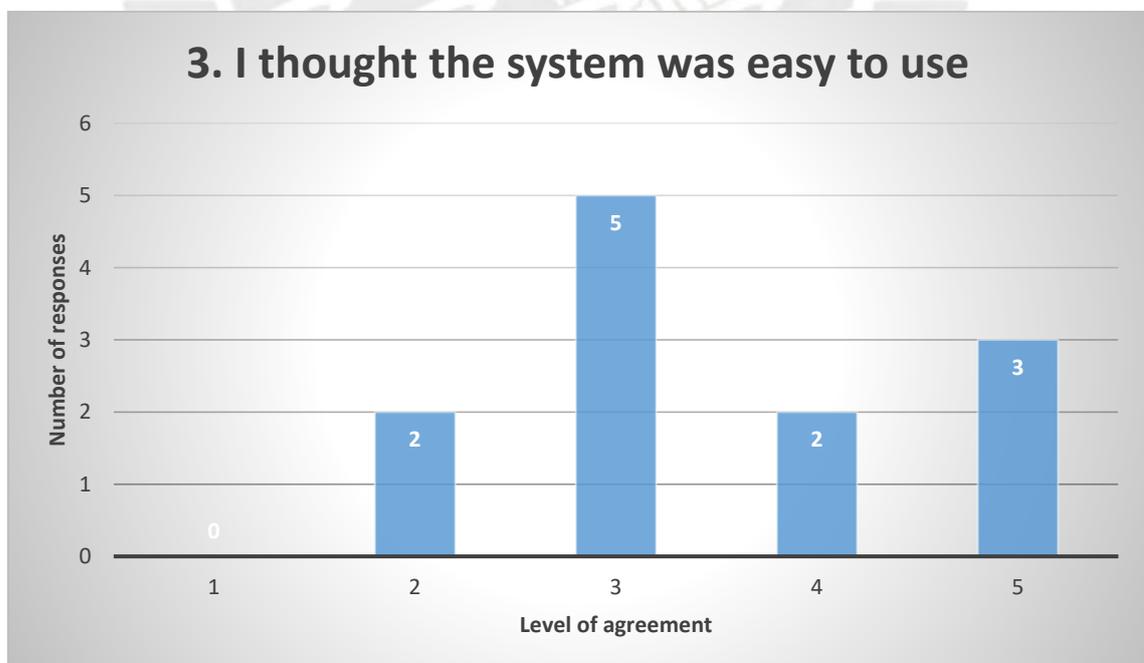


Gráfico 10 Anexo F: Respuestas a "3. I thought the system was easy to use"

En la cuarta afirmación, los participantes presentan una tendencia respecto a no necesitar de soporte técnico para utilizar Pfam, como se observa en el gráfico 11. El promedio de estas respuestas es aproximadamente 2.42.

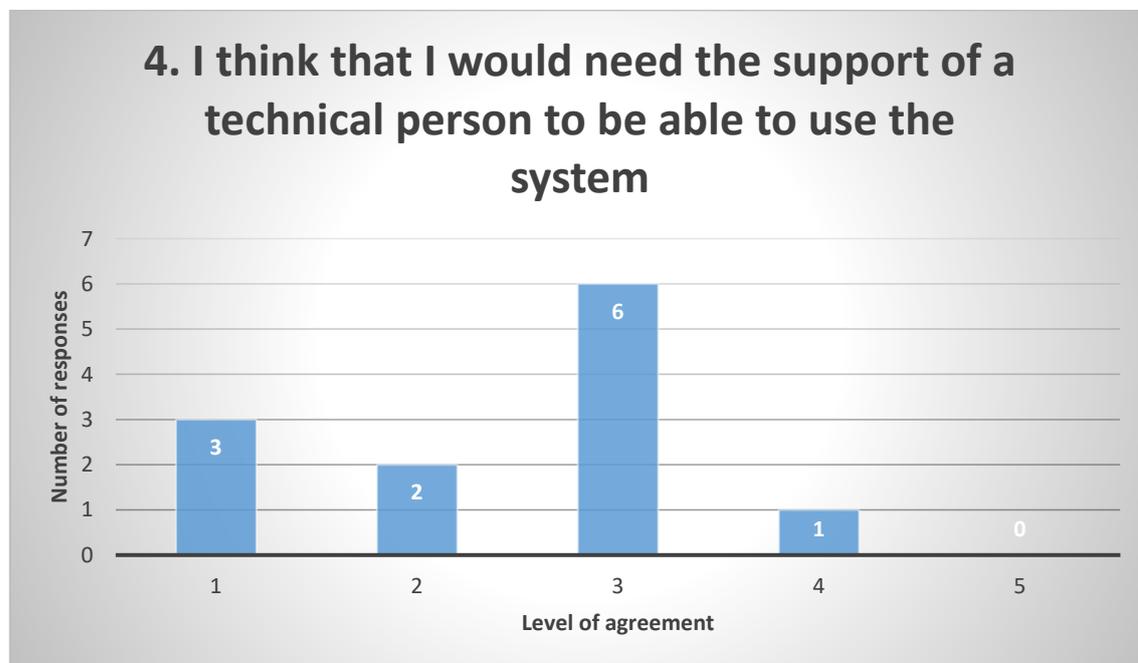


Gráfico 11 Anexo F: Respuestas a "4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system"

En la quinta afirmación, los participantes difirieron respecto a la percepción de la integridad de las funciones de Pfam, como se observa en el gráfico 12. El promedio de estas respuestas es 3.83, lo que indica una tendencia positiva respecto a la afirmación.

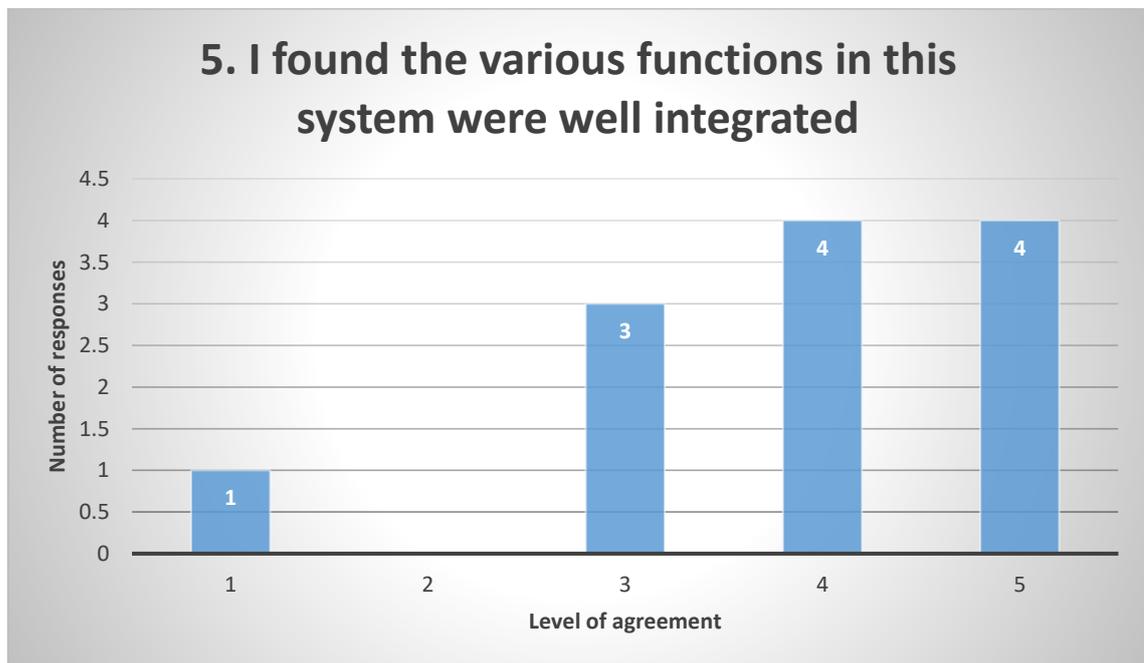


Gráfico 12 Anexo F: Respuestas a "5. I found the various functions in this system were well integrated"

En la sexta afirmación, los participantes consideran que no hay mucha inconsistencia en Pfam, como se observa en el gráfico 13. El promedio de estas respuestas es aproximadamente 2.17, lo que indica una tendencia a no estar de acuerdo con la afirmación.

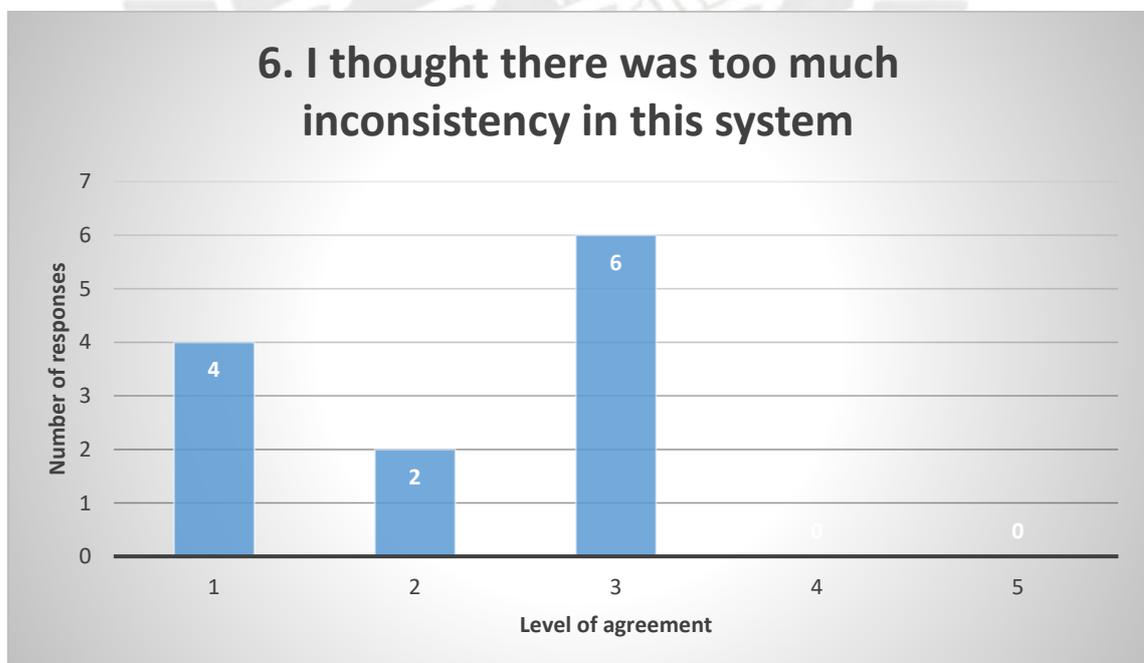


Gráfico 13 Anexo F: Respuestas a "6. I thought there was too much inconsistency in this system"

En la séptima afirmación, los participantes se presentaron positivos respecto a la facilidad de aprendizaje de Pfam, como se observa en el gráfico 14. El promedio de estas respuestas es aproximadamente 3.58.

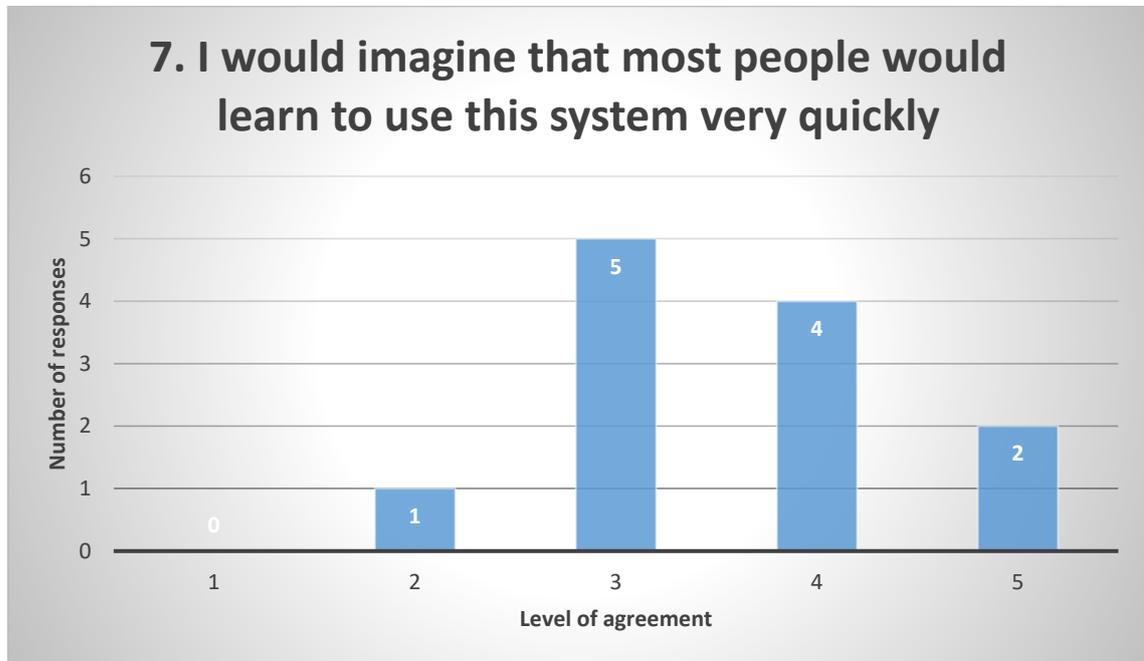


Gráfico 14 Anexo F: Respuestas a "7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly"

En la octava afirmación, la mayoría de los participantes presentan una tendencia neutral respecto a lo incómodo que puede ser utilizar Pfam, como se observa en el gráfico 15. El promedio de estas respuestas es aproximadamente 2.58.

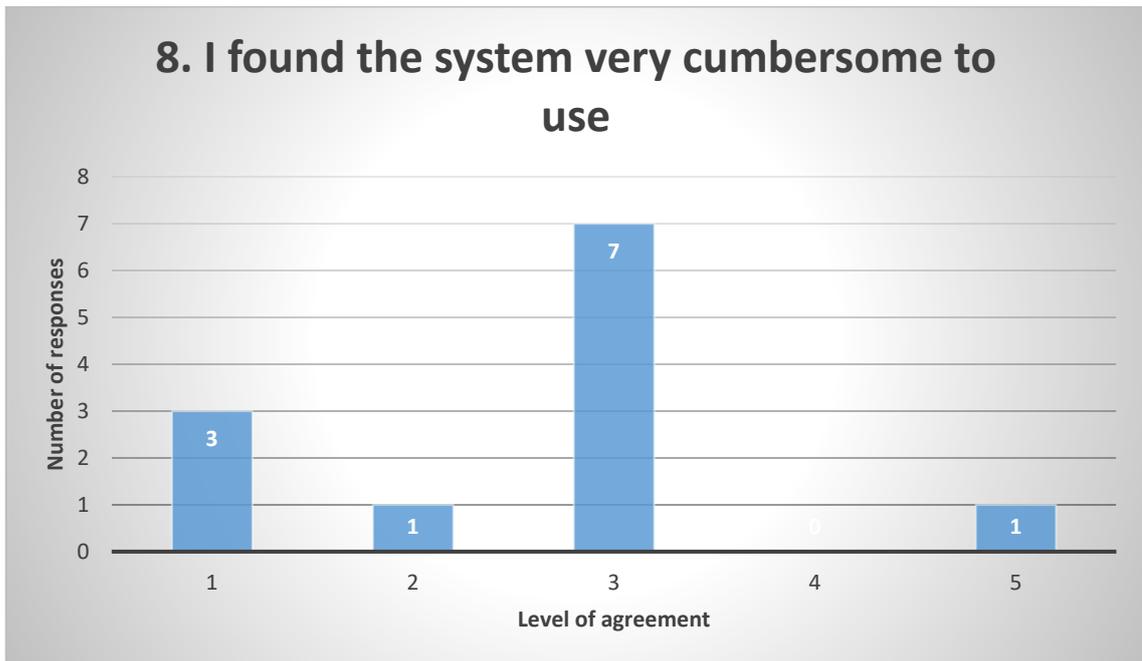


Gráfico 15 Anexo F: Respuestas a "8. I found the system very cumbersome to use"

En la novena afirmación, los participantes presentaron una tendencia a considerar que se sienten confiados al utilizar Pfam, como se observa en el gráfico 16. El promedio de estas respuestas es aproximadamente 3.67.

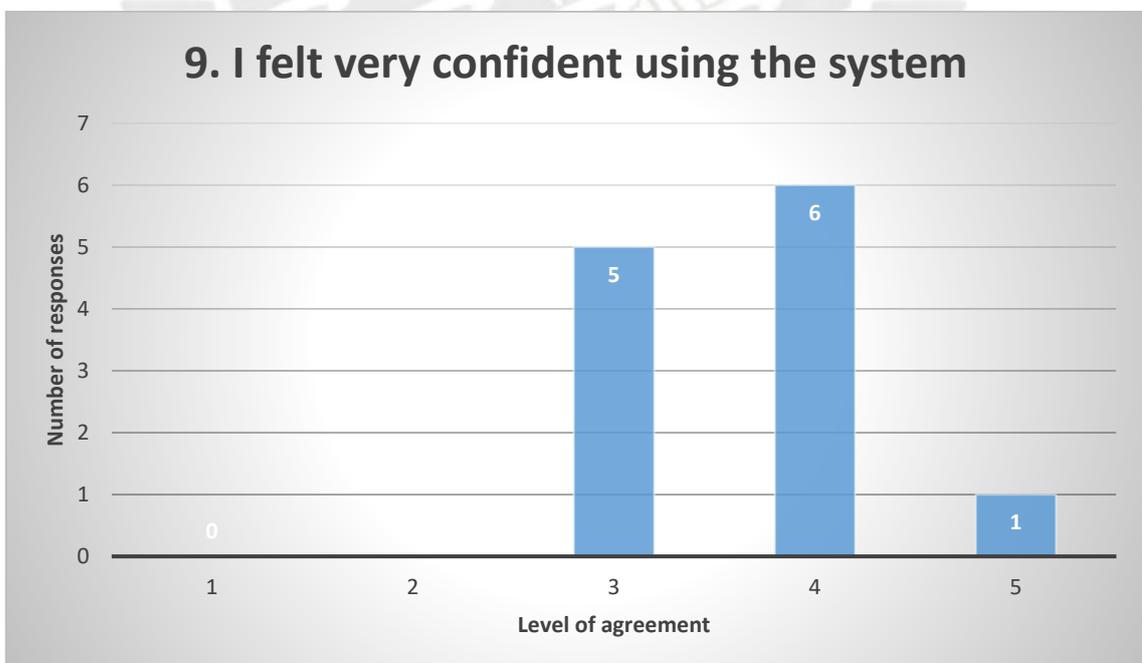


Gráfico 16 Anexo F: Respuestas a "9. I felt very confident using the system"

En la última afirmación, la mayoría de los participantes presentó una tendencia neutral respecto a considerar que necesitan aprender una cantidad considerable de cosas antes de poder utilizar este sistema, como se observa en el gráfico 17. El promedio de estas respuestas es aproximadamente 2.67.

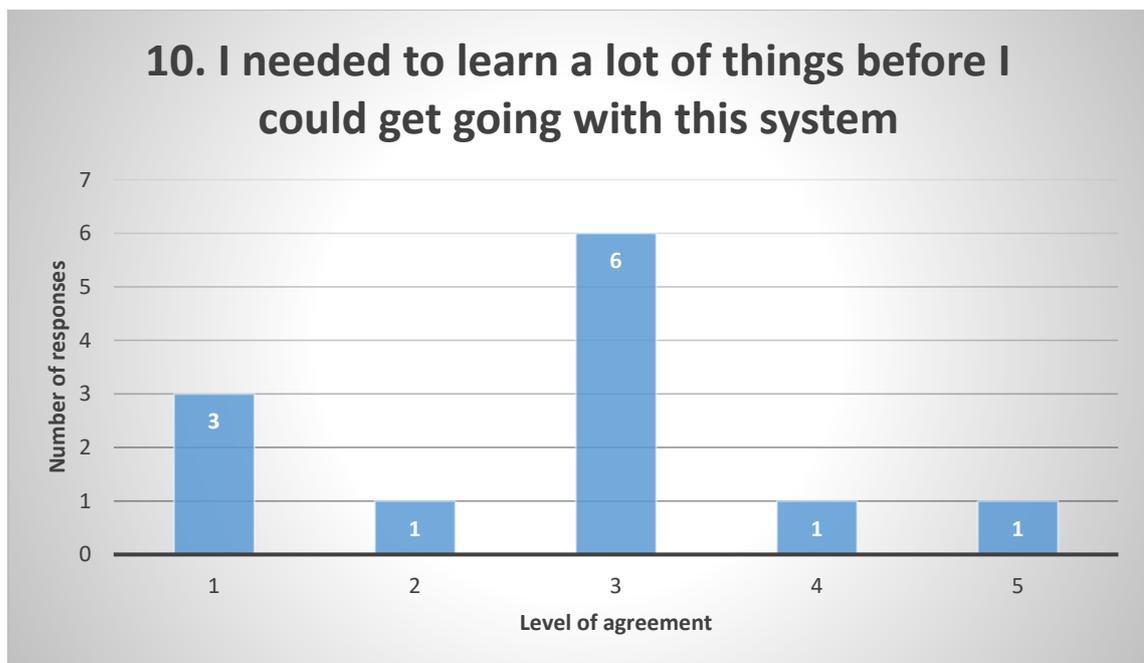


Gráfico 17 Anexo F: Respuestas a "10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system"

Aplicando los criterios definidos por el autor del cuestionario, se obtiene que el promedio de resultados finales obtenidos es aproximadamente 64.79. Según las categorías descritas en la sección 2.3 de este reporte, Pfam es calificado con C-, se encuentra entre los percentiles 35 y 40, es descrito entre bueno y OK, se es neutral respecto a la admisibilidad y sus usuarios podrían ser considerados pasivos, puesto que tenderían a no opinar sobre la herramienta.

4. Conclusión

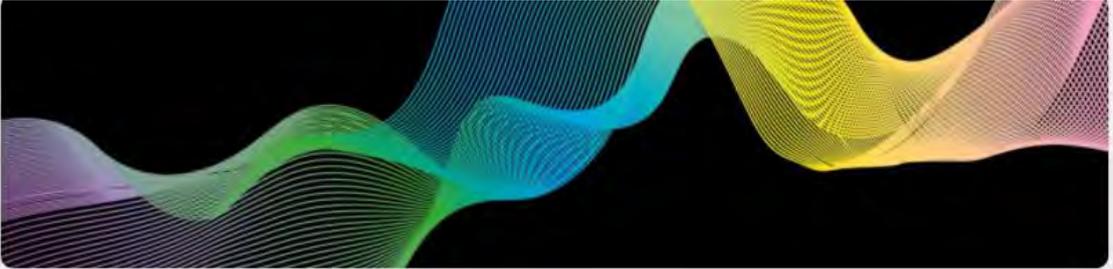
Utilizando el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés), se realizó una evaluación de usabilidad remota con usuarios. Con los resultados, se encontró que el puntaje SUS obtenido en la evaluación de Pfam es 64.79 aproximadamente.

Según Sauro, este resultado puede ser categorizado como un sistema entre bueno y OK, en términos de usabilidad (Sauro, 2018). Además, Pfam estaría considerado como neutral, puesto que su resultado se ubica entre el percentil 35 y 40 (Sauro, 2018).

Por lo anterior, se concluye que se podría realizar una actualización a la interfaz de Pfam en el que sea considerado aspectos relacionados a la usabilidad de esta. Para esto se podría seguir alguna propuesta de lineamientos de diseño de interfaces en servicios web bioinformáticos.

5. Apéndices

5.1. Capturas de pantalla del formulario elaborado en Google Forms



Usability Evaluation - Pfam

*Obligatorio

Informed Consent

You are invited to participate on the research "Usability Evaluation - Pfam". This is part of the thesis project "Usability on Bioinformatics Web Services" directed by Manuel Alberto Bezerra Brandao Corrales, Informatics Engineering student at Pontificia Universidad Católica del Perú, advised by Dr. Layla Hirsh and Dr. José Pow Sang. The objective of this reasearch is to evaluate the usability of the user interface of Pfam.

If you accept to participate, you will be asked to fill this form. This will take you approximately ten minutes. Your participation in this research is voluntary. You can choose not to answer the questions or stop completing the form at any time. Besides, you are participating anonymously and in a confidential way. The information that you will bring will not be associated to any detail that could be related to you and will only be used in an academic way.

This study does not present any risk. The are no direct benefits for you as a result of your participation. By participating in this research, you will contribute to the academic comprehension of the subject of study, As an academic research, if you wish to obtain the results at the end of the study, you will be asked to fill in your e-mail at the end of this form.

If you present any doubt or question, feel free to communicate with Dr. Layla Hirsh by sending an email to lhirsh@pucp.edu.pe

By clicking on yes on the next question, you affirm that you have read this informed consent and you accept to participate voluntarily in this research.

Figura 22 Anexo F: Captura de formulario - Consentimiento informado

Do you accept to participate in this research? *

Yes

No

Figura 23 Anexo F: Captura de formulario - Confirmación del consentimiento

Pfam - Previous Experience

Pfam is a database of protein families, with aproximadmtly 17,900 families in realse 32.0 (El-Gebali et al., 2019). Pfam database entry is comprised of a seed alignment, which forms the basis to build a profile hidden Markov model (HMM)using theHMMERsoftware (El-Gebali et al., 2019).

Pfam web home page <https://pfam.xfam.org/>

The screenshot shows the Pfam website home page. At the top, there are navigation links: HOME | SEARCH | BROWSE | PFM | HELP | ABOUT. The main heading is 'Pfam 33.1 (May 2020, 18259 entries)'. Below this, there is a brief description: 'The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by multiple sequence alignments and hidden Markov models (HMMs). More...'. There are several search and view options: QUICK LINKS, SEQUENCE SEARCH, VIEW A PFAM ENTRY, VIEW A CLAN, VIEW A SEQUENCE, VIEW A STRUCTURE, and KEYWORD SEARCH. A search bar is visible with a 'Go' button. Below the search bar, there are 'Recent Pfam blog posts' with titles like 'A new Pfam 3.1 is released' and 'Pfam 33.1 is released'.

Figura 24 Anexo F: Captura de formulario - Presentación del servicio web bioinformático a evaluar

What is your current occupation? *

Researcher

Professor

Student

Otros: _____

What is your specialization area?

This is an optional question

Tu respuesta _____

Figura 25 Anexo F: Captura de formulario - Información del participante

Have you used Pfam before? *

Yes

No

Figura 26 Anexo F: Captura de formulario - Experiencia previa con el servicio

Usability Evaluation - Pfam

*Obligatorio

SUS - System Usability Scale (Brooke, 1996)

You will be presented 10 affirmations about your experience with Pfam. On a scale from 1 to 5, you will need to answer your perception about each affirmation. 1 means you strongly disagree and 5 means you strongly agree.

Figura 27 Anexo F: Captura de formulario – Presentación del cuestionario SUS

1. I think that I would like to use this system frequently *

	1	2	3	4	5	
Strongly disagree	<input type="radio"/>	Strongly agree				

2. I found the system unnecessarily complex *

	1	2	3	4	5	
Strongly disagree	<input type="radio"/>	Strongly agree				

Figura 28 Anexo F: Captura de formulario - Cuestionario SUS parte 1

3. I thought the system was easy to use *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

5. I found the various functions in this system were well integrated *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

Figura 29 Anexo F: Captura de formulario - Cuestionario SUS parte 2

6. I thought there was too much inconsistency in this system *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

Figura 30 Anexo F: Captura de formulario - Cuestionario SUS parte 3



8. I found the system very cumbersome to use *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

9. I felt very confident using the system *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

Figura 31 Anexo F: Captura de formulario - Cuestionario SUS parte 4

Thank you for participating

If you wish to obtain the results at the end of the study, please fill in your email.

Email

If you wish to obtain the results at the end of the study, please fill in your email, otherwise you can skip this section.

Tu respuesta _____

Figura 32 Anexo F: Captura de formulario - Final

5.2. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad



Manuel A. Bezerra Brandao Corrales <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Acta de aceptación de documento

1 mensaje

Jose Antonio Pow Sang Portillo <japowsang@pucp.pe>
Para: "Manuel A. Bezerra Brandao Corrales" <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

25 de septiembre de 2020, 19:35

Nombre del documento: Reporte de resultados de pruebas de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado aplicando el método e instrumento seleccionados.

Descripción del documento: Documento que contiene una introducción sobre el reporte, la presentación del servicio web bioinformático, el método e instrumento de evaluación, las herramientas para aplicar e interpretar los resultados. Asimismo, el documento contiene un reporte descriptivo de los resultados obtenidos y conclusiones.

Mediante la presente acta, yo José Antonio Pow Sang Portillo dejo constancia de que se ha revisado por medio de juicio experto el documento, descrito en los puntos anteriores, perteneciente al proyecto de tesis Usabilidad en servicios web bioinformáticos. Adicionalmente, en el siguiente cuadro se describen las observaciones que se podrían levantar para mejorar el documento.

Veredicto:

(X) Aceptado () Requiere levantar algunas observaciones

Observaciones:

Ninguna

Lima, 25 de septiembre de 2020

—
Dr. José Antonio Pow-Sang P.
Profesor Principal | Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado
Director de la Maestría en Informática
japowsang@pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
+51-1-626-2000 Ext. 5111
<http://www.pucp.edu.pe/jose-pow-sang-portillo/>



Senior Member
jose.powsang.pe@ieee.org



Anexo G: Ajustes en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos

Este anexo contiene la documentación de los ajustes propuestos en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos. Este documento contiene una introducción, una presentación del instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado, un análisis basado en el Modelo de adopción de método, una discusión en base a las necesidades en servicios web bioinformáticos y una descripción justificada de los ajustes propuestos al instrumento seleccionado.

1. Introducción

En este documento se presentan los ajustes propuestos en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos. En primer lugar, se describe al instrumento seleccionado, el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996). Posteriormente se realiza una discusión sobre el instrumento y la aplicación realizada en servicios web bioinformáticos. Finalmente, se enumeran los ajustes propuestos y se presenta la aplicación de estos en el instrumento.

2. Descripción del instrumento seleccionado: SUS (Brooke, 1996)

La evaluación de usabilidad remota con usuarios mediante cuestionarios ha sido aplicada en diversos tipos de sistemas (Fidas et al., 2007). Existen diversos instrumentos para este tipo de evaluaciones, como el cuestionario QUIS (Chin et al., 1988). Según la revisión sistemática realizada en el capítulo 3 del documento de tesis del presente proyecto, el instrumento de evaluación de usabilidad remota con usuarios mediante cuestionarios más utilizado es el SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) propuesto por John Brooke en 1996 (Brooke, 1996).

El instrumento *SUS* es una escala de Likert que indica qué tan de acuerdo está el usuarios participante respecto a diez afirmaciones sobre la usabilidad de la interfaz evaluada (Brooke, 1996). La escala es medida del 1 al 5, donde 1 representa “Totalmente en desacuerdo” y 5 representa “Totalmente de acuerdo” (Brooke, 1996). brinda un resultado escalar de manera global respecto a la usabilidad de una interfaz en base a diez preguntas para marcar (Brooke, 1996).

Este cuestionario ser aplicado en personas que ya hayan utilizado la herramienta a evaluar previamente (Brooke, 1996). Asimismo, se debe solicitar que el usuario participante responda sin analizar profundamente sus respuestas, para mantener la objetividad de los resultados (Brooke, 1996). En la figura 33 se pueden observar las 10 afirmación pertenecientes al cuestionario SUS.

© Digital Equipment Corporation, 1986.

	Strongly disagree				Strongly agree
1. I think that I would like to use this system frequently	1	2	3	4	5
2. I found the system unnecessarily complex	1	2	3	4	5
3. I thought the system was easy to use	1	2	3	4	5
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system	1	2	3	4	5
5. I found the various functions in this system were well integrated	1	2	3	4	5
6. I thought there was too much inconsistency in this system	1	2	3	4	5
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly	1	2	3	4	5
8. I found the system very cumbersome to use	1	2	3	4	5
9. I felt very confident using the system	1	2	3	4	5
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system	1	2	3	4	5

Figura 33 Anexo G: Diez afirmaciones pertenecientes al cuestionario SUS, acompañadas de una escala de Likert de cinco puntos (Brooke, 1996)

El autor del cuestionario presenta una fórmula para la calificación escalar del sistema evaluado. Según Brooke, cada pregunta tiene un puntaje del 0 al 4 (Brooke, 1996). Para las afirmaciones 1, 3, 5, 7, y 9 el puntaje asignado es el valor de la posición escalar menos 1 (Brooke, 1996). Para las afirmaciones 2, 4, 6, 8 y 10 el puntaje asignado es 5 menos el valor de la posición escalar (Brooke, 1996). Finalmente, se debe sumar todos los puntajes y multiplicarlo por 2.5 para obtener el resultado final (Brooke, 1996). El resultado final de la evaluación consta de un puntaje del 0 al 100 que indica qué tan usable puede ser considerada la interfaz evaluada (Brooke, 1996).

Este puntaje final puede resultar difícil de interpretar (Sauro, 2018). Por ello, dentro de este proyecto se trabaja con las 5 categorías definidas por Jeff Sauro en 2018 (Sauro, 2018). En la Figura 34 se pueden observar parte de las categorías utilizadas para interpretar el puntaje SUS.

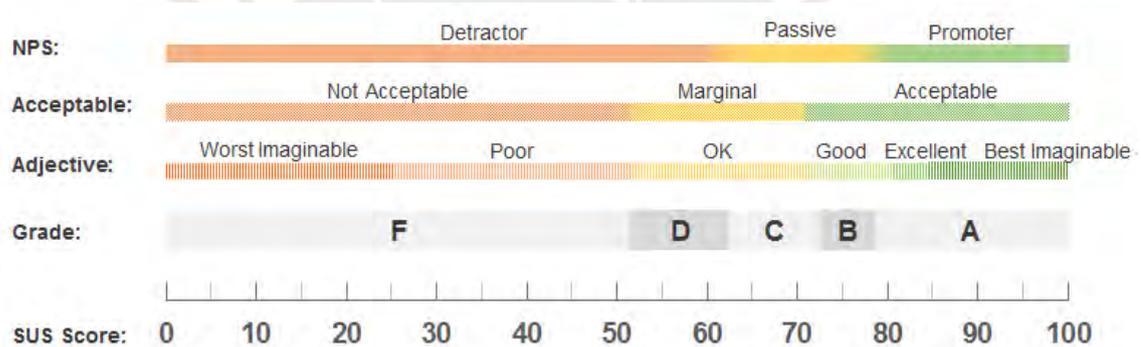


Figura 34 Anexo G: Categorías de percentiles, calificaciones, adjetivos y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018)

Asimismo, se muestra en la tabla 22 la clasificación de los resultados sus según las categorías observadas en la figura 34.

Tabla 22 Anexo G: Categorías de percentiles, calificación, adjetivos, admisibilidad y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018)

SUS	Calificación	Rango Percentil	Adjetivo	Admisibilidad	NPS
84.1 - 100	A+	96 - 100	Ideal	Admisible	Promotor
80.8 - 84.0	A	90 - 95	Excelente	Admisible	Promotor
78.9 - 80.8	A-	85 - 89		Admisible	Promotor
77.2 - 78.8	B+	80 - 84		Admisible	Pasivo
74.1 - 77.1	B	70 - 79		Admisible	Pasivo
72.6 - 74.0	B-	65 - 69		Admisible	Pasivo
71.1 - 72.5	C+	60 - 64	Bueno	Admisible	Pasivo
65.0 - 71.0	C	41 - 59		Neutral	Pasivo
62.7 - 64.9	C-	35 - 40		Neutral	Pasivo
51.7 - 62.6	D	15 - 34	OK	Neutral	Detractor
25.1 - 51.6	F	2 - 14	Pobre	No admisible	Detractor
0 - 25	F	0 - 1.9	Atroz	No admisible	Detractor

3. Análisis

Para este análisis, se toma como referencia el Modelo de evaluación de método (MEM, *Method Evaluation Model*, por sus siglas en inglés) propuesto por Moody (Moody, 2001). En este modelo es una adaptación del modelo de aceptación de tecnología que explica y predice la adopción de métodos (Pow-Sang, 2016). En la ilustración 3 se puede observar este modelo. Los constructos centrales del MEM están constituidos en el Modelo de adopción de método (MAM, *Method Adoption Model* por sus siglas en inglés) (Moody, 2001). Este puede ser observado en la figura 35.

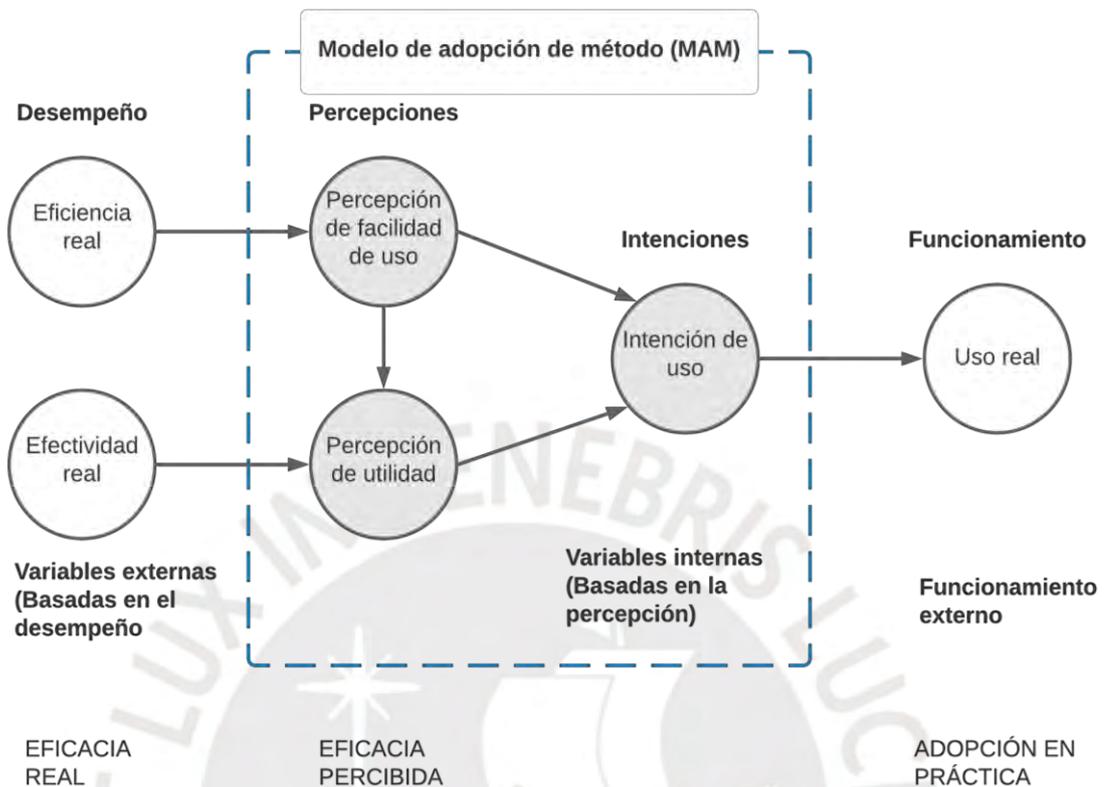


Figura 35 Anexo G: Modelo de evaluación de método (MEM, por sus siglas en inglés) (Moody, 2001) adaptado

Se realiza una clasificación de las diez afirmaciones del cuestionario SUS en base a los tres constructos del MAM. En primer lugar, se encuentra la Percepción de facilidad de uso (PEU, *Perceived Ease of Use*, por sus siglas en inglés). Consiste en cuánto una persona cree que usar un método particular no requerirá de esfuerzo (Pow-Sang, 2016). Luego, se encuentra la Percepción de utilidad (PU, *Perceived Usefulness*, por sus siglas en inglés). Consiste en cuánto una persona cree que un método particular será efectivo para alcanzar los objetivos esperados (Pow-Sang, 2016). Finalmente, se encuentra la Intención de uso (IU, *Intention to Use*, por sus siglas en inglés). Consiste en cuánto una persona tiene intención de usar un método particular (Pow-Sang, 2016). En la tabla 23 se puede observar la clasificación elaborada de las diez afirmaciones del cuestionario SUS según los constructos del Modelo de adopción de método.

Tabla 23 Anexo G: Clasificación de las afirmaciones del cuestionario SUS según los constructos del MAM (Method Adoption Model, por sus siglas en inglés)

Cuestionario SUS (Brooke, 1996)	Percepción de facilidad de uso (PEU)	Percepción de utilidad (PU)	Intención de uso (IU)
1. <i>I think that I would like to use this system frequently</i>			X
2. <i>I found the system unnecessarily complex</i>	X		
3. <i>I thought the system was easy to use</i>	X		
4. <i>I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system</i>	X		
5. <i>I found the various functions in this system were well integrated</i>	X		
6. <i>I thought there was too much inconsistency in this system</i>	X		
7. <i>I would imagine that most people would learn to use this system very quickly</i>	X		
8. <i>I found the system very cumbersome to use</i>	X		
9. <i>I felt very confident using the system</i>			X
10. <i>I needed to learn a lot of things before I could get going with this system</i>	X		

Se encuentra que 80% de las afirmaciones del cuestionario SUS están relacionadas a la Percepción de facilidad de uso. El 20% restante se encuentra asociado la Intención de uso.

4. Discusión

Dentro de los servicios web bioinformáticos, la usabilidad permite que los investigadores encuentren y utilicen recursos importantes de información de manera eficaz y eficiente (Bolchini et al., 2009). Es por ello que se considera importante tener en cuenta la percepción de facilidad de uso en los servicios web bioinformáticos, ya que estos son importantes en la investigación en áreas relacionadas a la Biotecnología. Se considera además que la intención de uso de este tipo de servicios está enfocada al trabajo científico (Bolchini et al., 2009). Respecto a la percepción de utilidad, se asume que estos servicios web bioinformáticos funcionan adecuadamente y que este constructo no influye directamente en la usabilidad de la interfaz.

Asimismo, es importante resaltar la necesidad de revisar el vocabulario utilizado en las afirmaciones. SUS fue diseñado como parte del programa de ingeniería de usabilidad en sistemas integrados de oficina (Brooke, 1996). Dentro de los servicios web bioinformáticos existen diversas características específicas que pueden llevar a potenciales problemas de usabilidad (Bolchini et al., 2009). Por ejemplo, un sistema de información utilizado en una oficina difiere de un servicio web bioinformático en diversos aspectos que diferencian la percepción de facilidad de uso, la percepción de utilidad y la intención de uso.

5. Ajustes propuestos

En base al análisis en función del MAM (*Method Adoption Model*, por sus siglas en inglés) y la discusión realizada en la sección anterior, se presentan cada propuesta de ajuste (PA) al instrumento de evaluación de usabilidad SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) con el fin de enfocarlo a servicios web bioinformáticos.

- PA 1. Se modifica la primera afirmación de *“I think I would like to use this system frequently”* a *“I think I would like to use this service frequently”*.
- PA 2. Se modifica la segunda afirmación de *“I found the system unnecessarily complex”* a *“I found the service unnecessarily complex”*.
- PA 3. Se modifica la tercera afirmación de *“I though the system was easy to use”* a *“I though the service was easy to use”*.

- PA 4. Se modifica la cuarta afirmación de *“I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system”* a *“I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use this service”*.
- PA 5. Se modifica la quinta afirmación de *“I found the various functions in this system were well integrated”* a *“I found the various functionalities in this service were well integrated”*.
- PA 6. Se modifica la sexta afirmación de *“I thought there was too much inconsistency in this system”* a *“I thought there was too much inconsistency on the options of this service”*.
- PA 7. Se modifica la séptima afirmación de *“I would imagine that most people would learn to use this system very quickly”* a *“I would imagine that most people would learn to use this service very quickly”*.
- PA 8. Se modifica la octava afirmación de *“I found the system very cumbersome to use”* a *“I found the service very uncomfortable to use”*.
- PA 9. Se modifica la novena afirmación de *“I felt very confident using the system”* a *“I felt very confident using the service”*.
- PA 10. Se modifica la décima afirmación de *“I need to learn a lot of things before I could get going with this system”* a *“I need to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service”*.

Se propone el nombre *System Usability Scale for Bioinformatics Web Services* (SUS-BWS, por sus siglas en inglés). No se propone modificar la medición de las diez afirmaciones con una escala de Likert de cinco puntos. Además, debido a que la naturaleza de cada afirmación respecto a la usabilidad del servicio web bioinformático ha sido mantenida, no se propondrá un cambio en el cálculo del puntaje final a obtener con este instrumento. Es por ello que se podría considerar válido utilizar los medios de interpretación del resultado SUS en este cuestionario ajustado, como las categorías propuestas por Jeff Sauro (Sauro, 2018).

En todas las propuestas de ajustes, se encuentra el cambio de la palabra *system* por el término *service*. La finalidad es contextualizar las evaluaciones hacia los servicios web bioinformáticos. Asimismo, la PA 4 modifica la necesidad de una persona técnica con la necesidad de leer mucha documentación, puesto que sería el análogo en servicios web bioinformáticos. La PA 5 se cambia el término *functions* por *functionalities* por precisión. En la PA 6 se precisa que las inconsistencias son respecto a las opciones del servicio y no a los datos como podría ser interpretado. La PA 7 modifica la palabra *cumbersome* por

uncomfortable puesto la palabra original se podría considerar rebuscada. Finalmente, en la PA 10 se precisa la necesidad de conocer muchas instrucciones u opciones sobre el servicio, puesto que se podría interpretar como una necesidad de conocer temas relacionados a Bioinformática lo cual no representa un problema de usabilidad en un servicio web bioinformático.

5.1. Cuestionario SUS-BWS

A continuación, en la figura 36 se presenta el cuestionario SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés) para realizar evaluaciones de usabilidad en servicios web bioinformáticos, adaptado del cuestionario SUS (Brooke, 1996).



	Strongly Agree	Strongly Disagree
1. I think I would like to use this service frequently	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
2. I found the service unnecessarily complex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
3. I thought the service was easy to use	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
4. I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use this service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
5. I found the various functionalities in this service were well integrated	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
6. I thought there was too much inconsistency on the options of this service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
7. I would imagine that most people would learn to use this service very quickly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
8. I found the service very uncomfortable to use	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
9. I felt very confident using the service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
10. I need to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5

Figura 36 Anexo G: Cuestionario SUS-BWS (System Usability Scale for Bioinformatics Web Services) adaptado del cuestionario SUS (Brooke, 1996)

6. Apéndices

6.1. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad



Manuel A. Bezerra Brandao Corrales <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Acta de aceptación de documento

1 mensaje

Jose Antonio Pow Sang Portillo <japowsang@pucp.pe>
Para: "Manuel A. Bezerra Brandao Corrales" <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>
Cc: Layla Hirsh Martinez <lhirsh@pucp.edu.pe>

1 de octubre de 2020, 10:14

Nombre del documento: Ajustes en el instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado para enfocarlo a servicios web bioinformáticos.

Descripción del documento: Documento que contiene una introducción, una presentación del instrumento de evaluación de usabilidad seleccionado, un análisis basado en el Modelo de adopción de método, una discusión en base a las necesidades en servicios web bioinformáticos y una descripción justificada de los ajustes propuestos al instrumento seleccionado.

Mediante la presente acta, yo José Antonio Pow Sang Portillo dejo constancia de que se ha revisado por medio de juicio experto el documento, descrito en los puntos anteriores, perteneciente al proyecto de tesis Usabilidad en servicios web bioinformáticos. Adicionalmente, en el siguiente cuadro se describen las observaciones que se podrían levantar para mejorar el documento.

Veredicto:

(X) Aceptado () Requiere levantar algunas observaciones

Observaciones:

Sin observaciones

Dr. José Antonio Pow-Sang P.
Profesor Principal | Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado
Director de la Maestría en Informática
japowsang@pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
+51-1-626-2000 Ext. 5111
<http://www.pucp.edu.pe/jose-pow-sang-portillo/>



Senior Member
jose.powsang.pe@ieee.org



Anexo H: Reporte de evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado utilizando el método e instrumento ajustado para servicios web bioinformáticos

Este anexo contiene el documento con los resultados de las evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado utilizando el método e instrumento ajustado para servicios web bioinformáticos. Este documento contiene una introducción sobre el reporte, la presentación del servicio web bioinformático, el método e instrumento de evaluación, las herramientas para aplicar e interpretar los resultados. Asimismo, el documento contiene un reporte descriptivo de los resultados obtenidos y conclusiones.

1. Introducción

En este documento se presenta un reporte de evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado utilizando el método e instrumento ajustado para servicios web bioinformáticos. En primer lugar, se definirán los prerrequisitos para realizar esta evaluación de usabilidad, presentando el servicio web bioinformático a evaluar, el método seleccionado y el instrumento a utilizar. Luego de esto, se realiza una presentación de los resultados obtenidos y se finaliza el reporte presentando conclusiones.

2. Definición de prerrequisitos

En esta sección del documento se muestran los prerrequisitos necesarios para la evaluación de usabilidad en un servicio web bioinformático, como el realizado en este reporte.

2.1. Servicio web bioinformático a evaluar - Pfam

Para esta evaluación de usabilidad se determinó utilizar el servicio web bioinformático Pfam (Finn, 2006). Este es una base de datos completa de familias de proteínas ofrecida por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular - Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés) que cuenta con más de 17,900 familias (El-Gebali et al., 2019). La página web principal de este servicio puede ser observada en la figura 37.

Pfam 33.1 (May 2020, 18259 entries)

The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by multiple sequence alignments and hidden Markov models (HMMs). [More...](#)

QUICK LINKS	YOU CAN FIND DATA IN PFAM IN VARIOUS WAYS...
SEQUENCE SEARCH	Analyze your protein sequence for Pfam matches
VIEW A PFAM ENTRY	View Pfam annotation and alignments
VIEW A CLAN	See groups of related entries
VIEW A SEQUENCE	Look at the domain organisation of a protein sequence
VIEW A STRUCTURE	Find the domains on a PDB structure
KEYWORD SEARCH	Query Pfam by keywords
JUMP TO	<input type="text"/> <input type="button" value="Go"/> <input type="button" value="Example"/>
	Enter any type of accession or ID to jump to the page for a Pfam entry or clan, UniProt sequence, PDB structure, etc.
	Or view the help pages for more information

Recent Pfam [blog](#) posts
[Hide this](#)
[A new Pfam-B is released](#) (posted 30 June 2020)

In addition to our HMM-based Pfam entries (Pfam-A), we used to make a set of automatically generated, non-HMM based entries called Pfam-B. The Pfam-B entries were derived from clusters generated by applying the ADDA algorithm to an all-against-all BLAST search of UniRef40, and removing any regions covered by Pfam-A. The overhead of producing Pfam-B in [...]

[Pfam 33.1 is released](#) (posted 11 June 2020)

We are pleased to announce the release of Pfam 33.1! Some of you may have noticed that we never released Pfam 33.0 – we had initially planned to do so in March 2020, but due to the global pandemic, we redirected our efforts to updating the Pfam SARS-CoV-2 models instead (see previous blog posts Pfam [...]

[Pfam SARS-CoV-2 special update \(part 2\)](#) (posted 6 April 2020)

This post presents an update to last week's post. Since the initial release of the 40 Pfam profile HMMs that match SARS-CoV-2, we have now produced a set of flatfiles that are more typical of a Pfam release. These files make our updated annotations that describe the entries available for download, prior to being released [...]

Figura 37 Anexo H: Página web principal de Pfam <https://pfam.xfam.org/>

De acuerdo a Scopus⁴⁰, una base de datos de artículos STM (ciencia, tecnología y medicina por sus siglas en inglés), el artículo académico *The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future* (Finn et al., 2016) cuenta con más de 2,600 citaciones y cuenta con un puntaje de impacto según área de investigación de 176.85⁴¹. El gráfico con las citaciones del artículo mencionado en los últimos 5 años puede ser observado en la figura 38.

⁴⁰ Tomado de <https://www.scopus.com/record/pubmetrics.uri?eid=2-s2.0-84976865403>

⁴¹ Según Scopus, este indicador muestra que tanto impacto tiene la publicación en comparación a documentos similares. Un valor mayor a 1.00 significa que el artículo académico ha sido citado más de lo esperado.

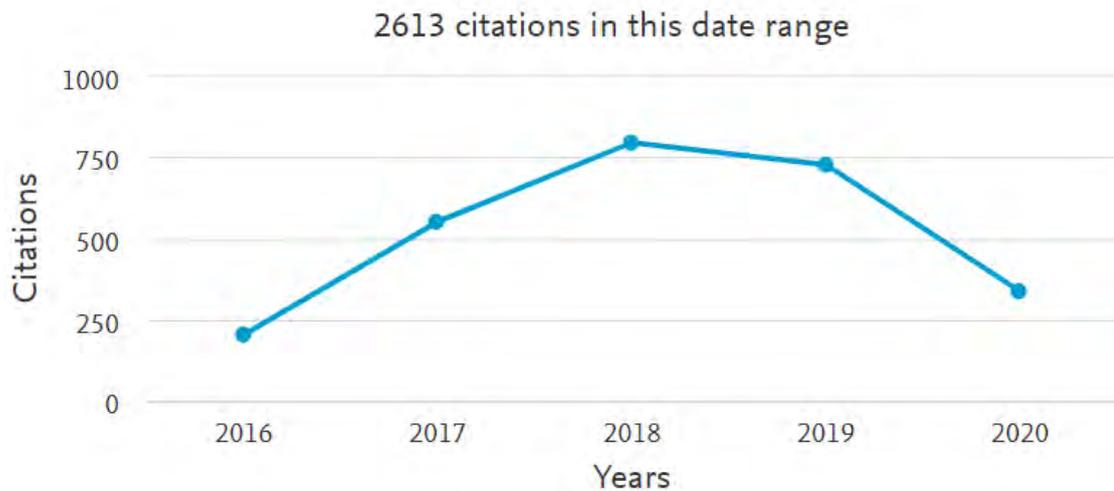


Figura 38 Anexo H: Gráfica de número de citas por año del artículo académico *The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future*

Con la información presentada en los párrafos anteriores, se puede concluir que Pfam es un servicio web bioinformático altamente utilizado en la investigación relacionada a Bioinformática.

2.2. Método de evaluación de usabilidad

El método utilizado para evaluar en términos de usabilidad al servicio web bioinformático Pfam es la prueba con usuarios remota mediante cuestionario (Fidas et al., 2007). Además, el instrumento a utilizar es el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés) adaptado del cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996).

Este método facilita la participación de diversos usuarios ubicaciones en diferentes posiciones geográficas en esta evaluación (Fidas et al., 2007). Asimismo, los resultados obtenidos reflejan la realidad respecto a la usabilidad de la interfaz gráfica del servicio web bioinformático evaluado debido a que se mide según una experiencia verdadera.

2.3. Formulario y herramientas

El instrumento ajustado propuesto SUS-WBS, al igual que el cuestionario SUS (Brooke, 1996), brinda un resultado escalar de manera global respecto a la usabilidad de una interfaz en base a diez preguntas para marcar (Brooke, 1996). Dado que el cuestionario ajustado propuesto mantiene la naturaleza del cuestionario original, deben seguirles las mismas indicaciones propuestas por el autor. Requiere ser aplicado en participantes que ya hayan

utilizado la herramienta a evaluar previamente (Brooke, 1996). Asimismo, se le debe solicitar que el usuario participante responda sin analizar profundamente sus respuestas, para mantener la objetividad de los resultados (Brooke, 1996).

Cada pregunta consta de una afirmación a la cual el usuario debe responder en una escala de Likert de cinco puntos, siendo 1 “Totalmente en desacuerdo” y 5 “Totalmente de acuerdo” con la afirmación correspondiente (Brooke, 1996).

Este cuestionario será aplicado mediante la herramienta Google Forms⁴². Se cuenta con tres secciones y la totalidad del formulario está escrito en inglés. En la primera sección se realiza una breve introducción al proyecto de fin de carrera y se presenta el consentimiento informado para el uso de los datos recolectados⁴³.

En la segunda sección del formulario se le pregunta al participante respecto a su ocupación y si cuenta con alguna experiencia utilizando el servicio web bioinformático evaluado.

Finalmente, en la última sección, se presentan las diez preguntas del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS para que el usuario responda según su experiencia utilizando el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019). Como apéndice a este reporte se presentan capturas de cada sección del formulario elaborado en Google Forms.

El autor del cuestionario original presenta una fórmula para la calificación escalar del sistema evaluado. Según Brooke, cada pregunta tiene un puntaje del 0 al 4 (Brooke, 1996). Para las afirmaciones 1, 3, 5, 7, y 9 el puntaje asignado es el valor de la posición escalar menos 1 (Brooke, 1996). Para las afirmaciones 2, 4, 6, 8 y 10 el puntaje asignado es 5 menos el valor de la posición escalar (Brooke, 1996). Finalmente, se debe sumar todos los puntajes y multiplicarlo por 2.5 para obtener el resultado final (Brooke, 1996). El resultado del puntaje varía del 0 al 100 (Brooke, 1996).

Dado que el cuestionario ajustado propuesto mantiene la naturaleza del cuestionario inicial, la interpretación del puntaje final que se obtiene luego de aplicarlo será realizada en base a lo propuesto en *5 Ways to Interpret a SUS Score* (Sauro, 2018). En esta publicación,

⁴² Ofrecida como parte del paquete GSuite, <https://gsuite.google.com/intl/es-419/products/forms/>

⁴³ Tomando como referencia el Protocolo de consentimiento informado para participantes del Comité de ética para la investigación con seres humanos y animales del Vicerrectorado de Investigación PUCP <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/3614.pdf>

Sauro explica la interpretación del resultado según percentiles, calificaciones, adjetivos, admisibilidad y NPS (*Net Promoter Score*, por sus siglas en inglés) (Sauro, 2018). Estas interpretaciones pueden ser observadas en la figura n.

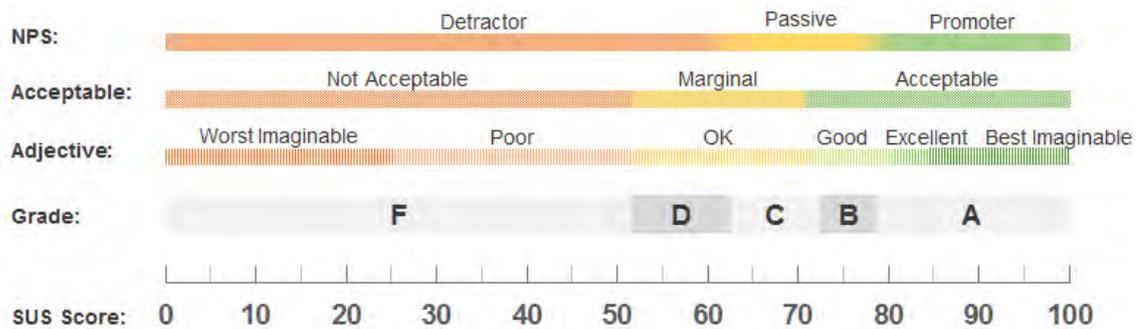


Figura 39 Anexo H: Categorías de percentiles, calificaciones, adjetivos y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018)

Asimismo, se muestra en la tabla 24 la clasificación de los resultados sus según las categorías observadas en la figura 39.

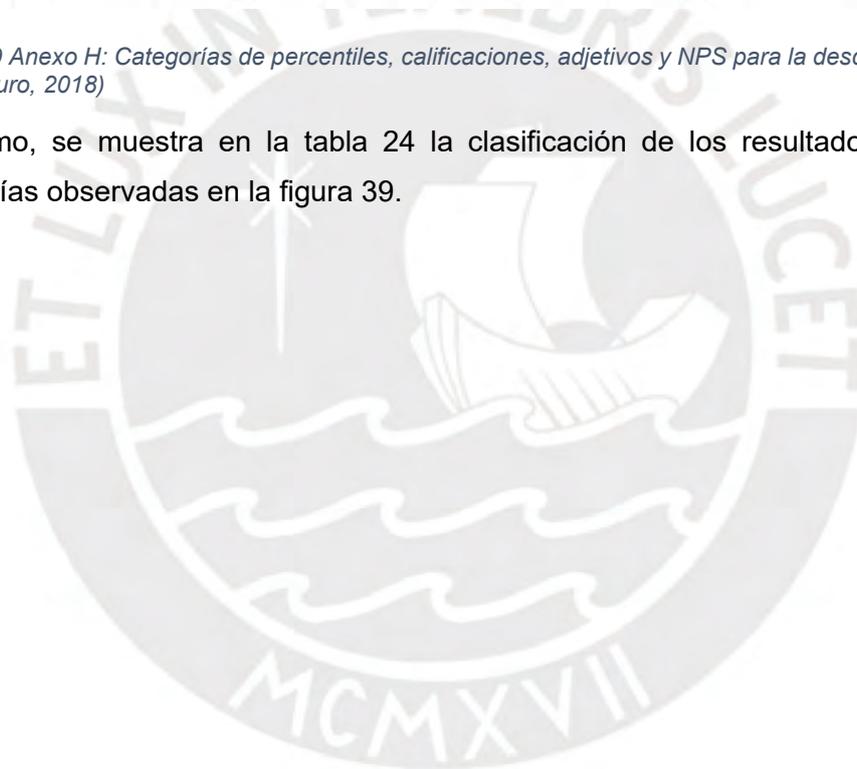


Tabla 24 Anexo H: Categorías de percentiles, calificación, adjetivos, admisibilidad y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018)

SUS	Calificación	Rango Percentil	Adjetivo	Admisibilidad	NPS
84.1 - 100	A+	96 - 100	Ideal	Admisible	Promotor
80.8 - 84.0	A	90 - 95	Excelente	Admisible	Promotor
78.9 - 80.8	A-	85 - 89		Admisible	Promotor
77.2 - 78.8	B+	80 - 84		Admisible	Pasivo
74.1 - 77.1	B	70 - 79		Admisible	Pasivo
72.6 - 74.0	B-	65 - 69		Admisible	Pasivo
71.1 - 72.5	C+	60 - 64	Bueno	Admisible	Pasivo
65.0 - 71.0	C	41 - 59		Neutral	Pasivo
62.7 - 64.9	C-	35 - 40		Neutral	Pasivo
51.7 - 62.6	D	15 - 34	OK	Neutral	Detractor
25.1 - 51.6	F	2 - 14	Pobre	No admisible	Detractor
0 - 25	F	0 - 1.9	Atroz	No admisible	Detractor



Los percentiles están basados en un gran set de datos normalizado de resultados SUS (Sauro, 2018). Estos percentiles posicionan al resultado obtenido en comparación a los resultados registrados en el set de datos, como se observa en la figura 40.

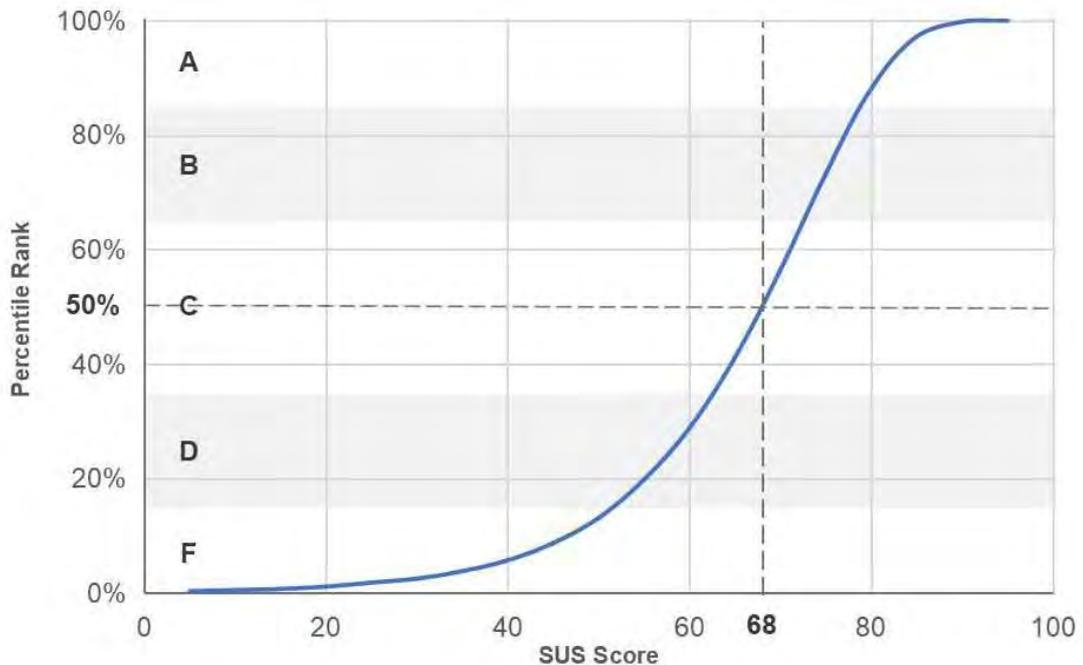


Figura 40 Anexo H: Puntaje SUS en una curva con percentiles y calificaciones (Sauro, 2018)

En base a los rangos percentiles y al set de resultados SUS se definen calificaciones, adjetivos y admisibilidad (Sauro, 2018). Según el estudio realizado sobre la relación entre el resultado SUS y el puntaje NPS, se puede clasificar el total final como “Promotor”, “Pasivo” y “DetraCTOR” (Sauro, 2012). La clasificación “Promotor” indica que los usuarios tienden a recomendar el servicio evaluado, mientras que la clasificación “DetraCTOR” indica que los usuarios tienden a realizar lo contrario (Sauro, 2018).

3. Resultados obtenidos

El cuestionario fue enviado a diversos investigadores bioinformáticos para que sea compartido y respondido por personas que hayan utilizado la herramienta Pfan anteriormente. Se consiguió la respuesta de diez personas.

3.1. Resultados demográficos

Se preguntó a los participantes el rango de edad al que pertenecen. Se obtuvo que el 50% tiene menos de 20 años, el 30% tiene entre 20 y 29 años y el 20% restante tiene entre 40 y 49 años. Estos resultados se pueden observar en el gráfico 18.

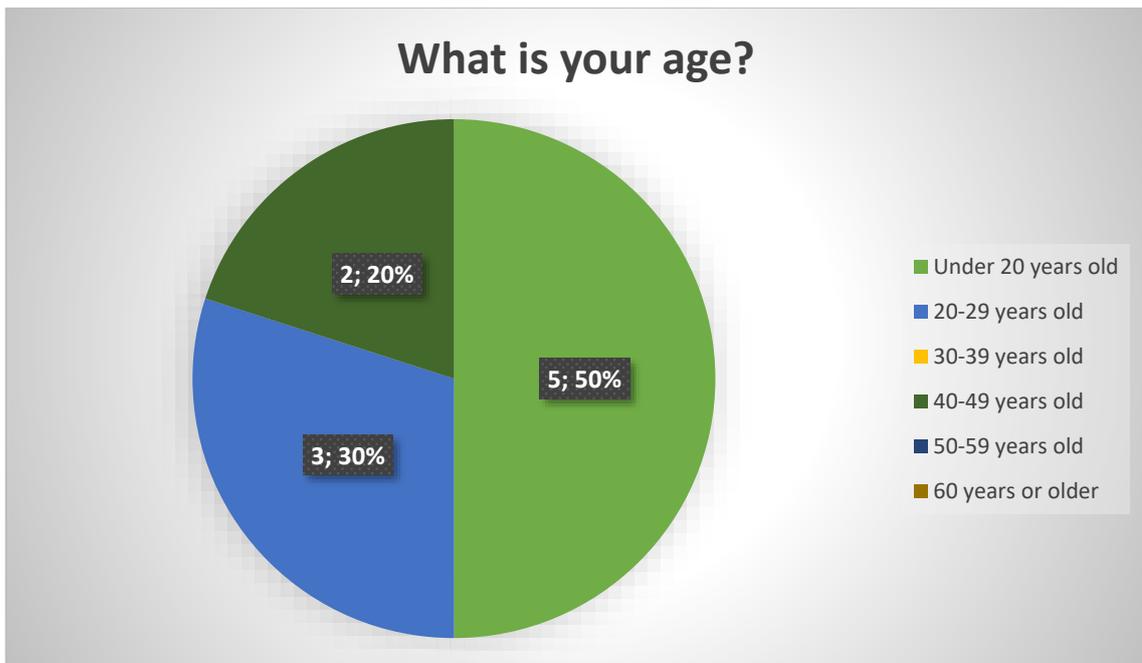


Gráfico 18 Anexo H: Respuestas a "What is your age?"

Se preguntó a los participantes el país en el que nacieron. Se obtuvo que el 70% nació en Perú, el 10% nació en Argentina, el 10% nació en Estados Unidos y el 10% restante respondió que nació en Europa. Esta última respuesta se cree que el participante nació en un país que actualmente ya no es reconocido como tal por lo que prefirió poner dicha respuesta. Estos resultados se pueden observar en el gráfico 19.

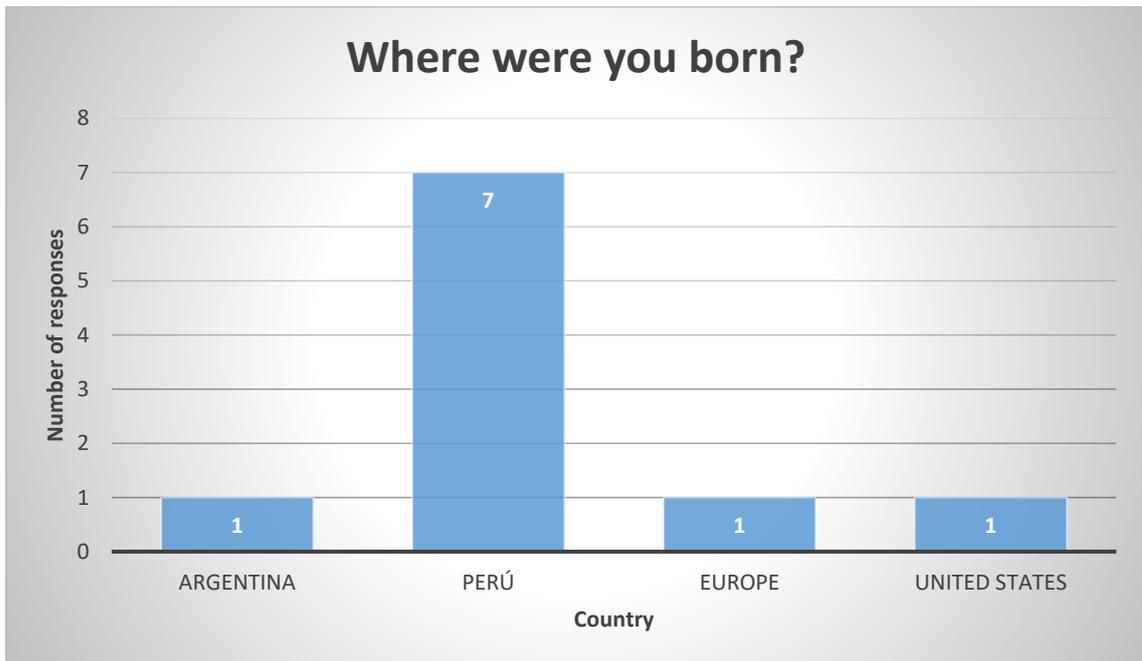


Gráfico 19 Anexo H: Respuestas a "Where were you born?"

Se preguntó a los participantes cuál es su ocupación actual, con la posibilidad de marcar más de una respuesta. Se encontró que el 70% de los participantes son estudiantes. Además, 30% de los participantes son investigadores mientras y el 20% de los participantes son profesores. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 20.

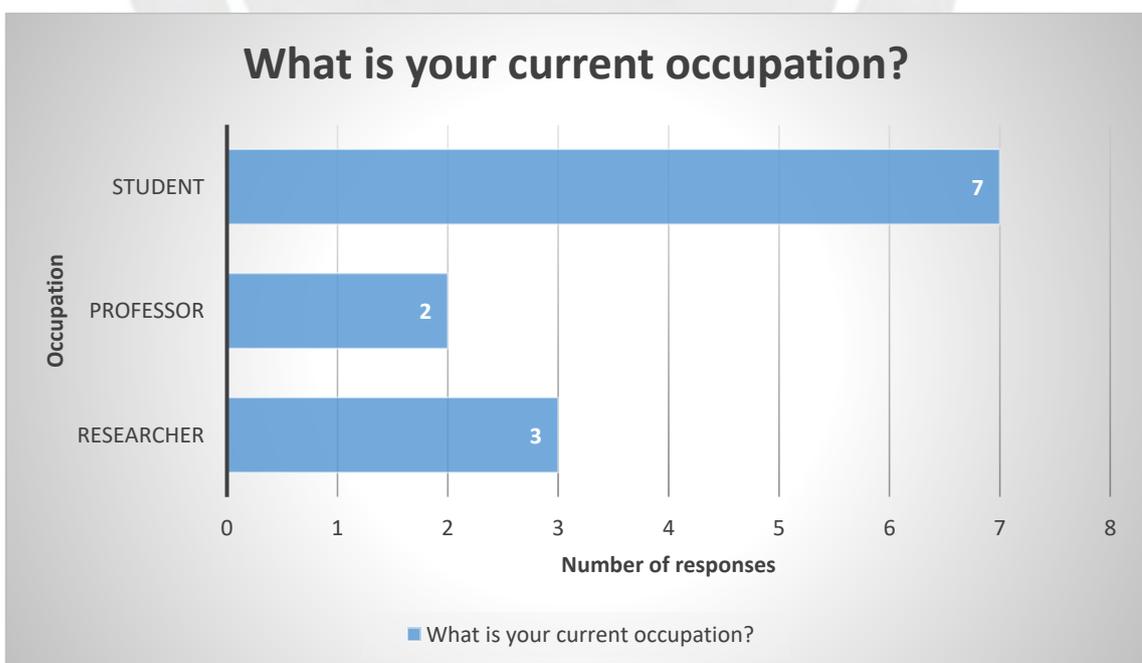


Gráfico 20 Anexo H: Respuestas a "What is your current occupation?"

De manera opcional, se preguntó a los participantes cuál es su área de especialización. Se encontró que la mayoría se especializa en Ingeniería Biomédica. Además, algunos participantes se especializan en Microbiología, Bioinformática y Ciencias de la Computación. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 21.

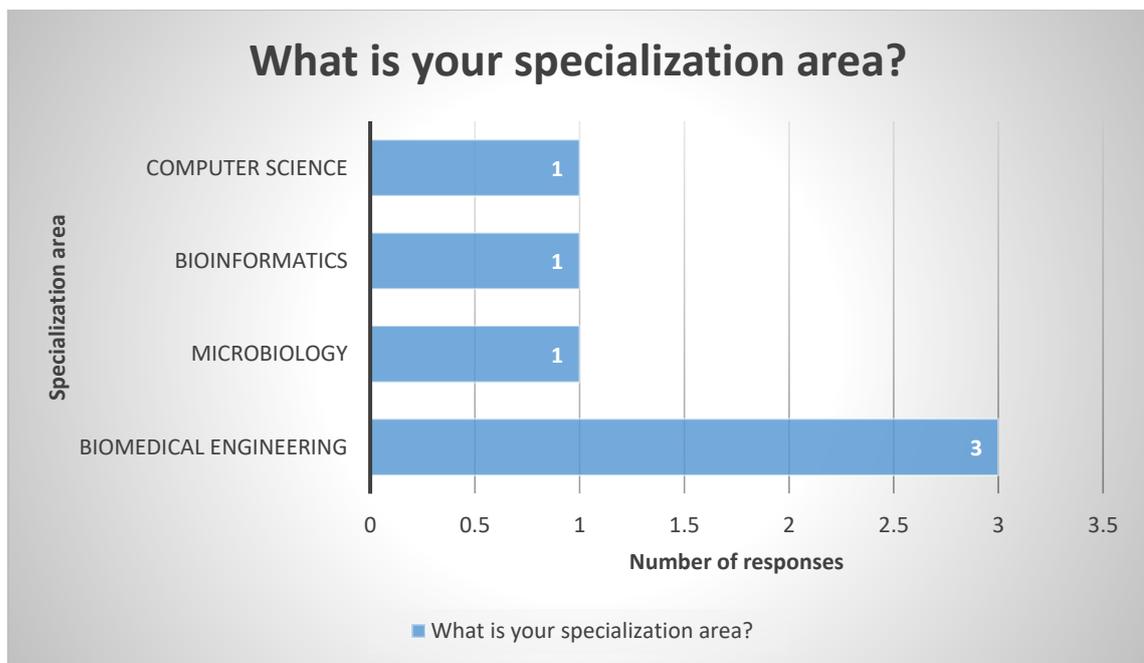


Gráfico 21 Anexo H: Respuestas a la pregunta opcional "What is your specialization area?"

Finalmente, para dar inicio al cuestionario propuesto ajustado SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés), se preguntó a los participantes si habían usado anteriormente el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019). Se encontró que solo el 40% de los participantes habían tenido una experiencia previa con el servicio, por lo que se le pidió al 60% restante que tenga explore y utilice el servicio web evaluado antes de continuar con el cuestionario. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 22.

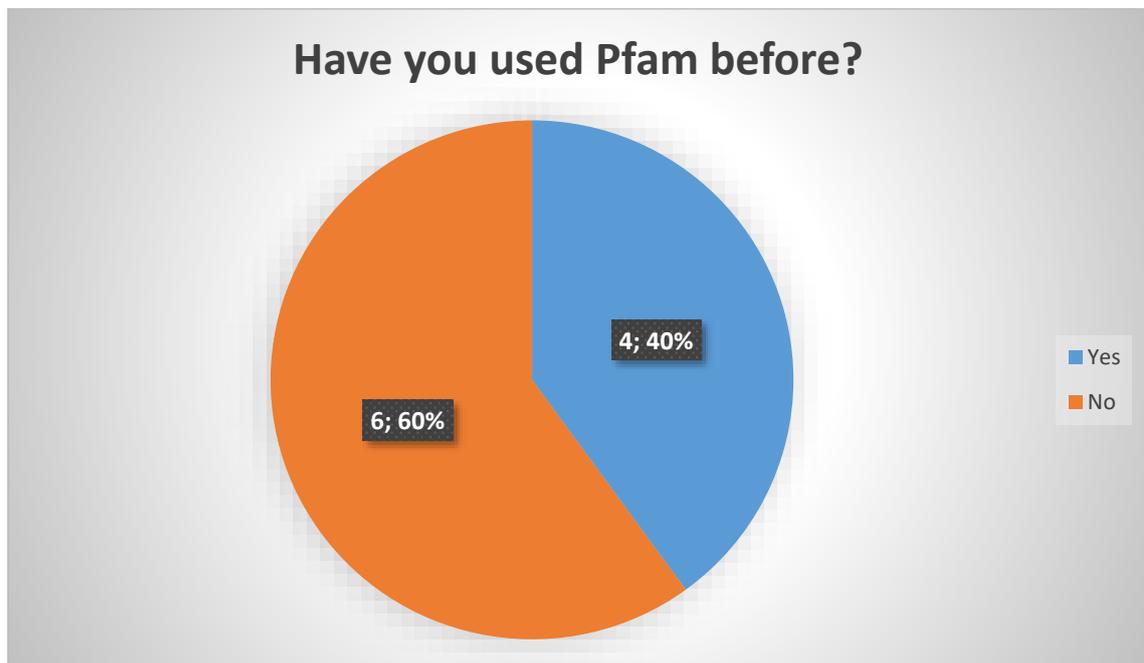


Gráfico 22 Anexo H: Respuestas a “Have you used Pfam before?”

3.2. Resultados de cuestionario SUS-BWS

Los participantes de la evaluación respondieron a las 10 preguntas del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS. Los resultados se encuentran resumidos en la tabla 25. Por cada fila se presenta una afirmación del cuestionario. En cada columna se observa el número de veces que la opción ha sido marcada. Asimismo, los resultados por cada pregunta pueden ser observados en los gráficos del 23 al 32.

Tabla 25 Anexo H: Resumen de resultados obtenidos del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS

Cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS	1	2	3	4	5
1. <i>I think that I would like to use this service frequently</i>	0	0	2	6	2
2. <i>I found the service unnecessarily complex</i>	1	3	4	1	1
3. <i>I thought the service was easy to use</i>	0	2	4	3	1
4. <i>I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service</i>	2	2	2	2	2
5. <i>I found the various functionalities in this service were well integrated</i>	0	0	3	6	1
6. <i>I thought there was too much inconsistency on the options of this service</i>	2	2	3	3	0
7. <i>I would imagine that most people would learn to use this service very quickly</i>	0	2	3	5	0
8. <i>I found the service very uncomfortable to use</i>	2	4	2	2	0
9. <i>I felt very confident using the service</i>	0	3	2	2	3
10. <i>I needed to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service</i>	0	3	2	4	1

En la primera afirmación, los participantes mostraron una tendencia a estar parcialmente de acuerdo con que usarían este servicio frecuentemente, como se observa en el gráfico 23. El promedio de estas respuestas es 4.

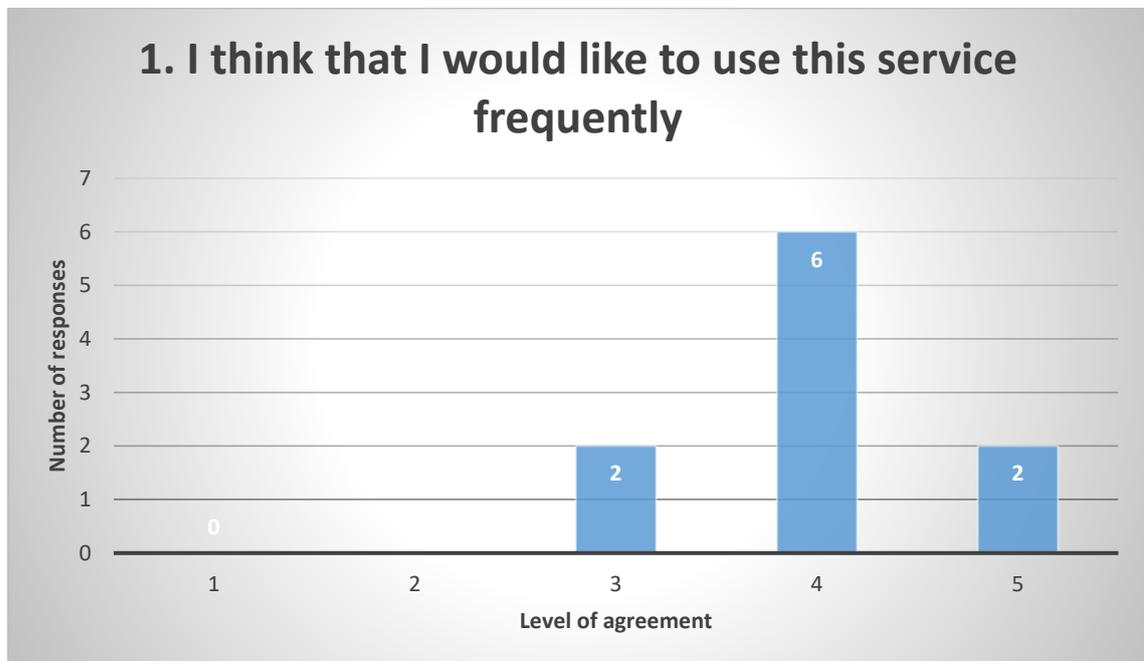


Gráfico 23 Anexo H: Respuestas a "1. I think that I would like to use this service frequently"

En la segunda afirmación, los participantes en su mayoría se mostraron neutrales respecto a la complejidad innecesaria que perciben en el servicio, como se observa en el gráfico 24. El promedio de estas respuestas es 2.8.

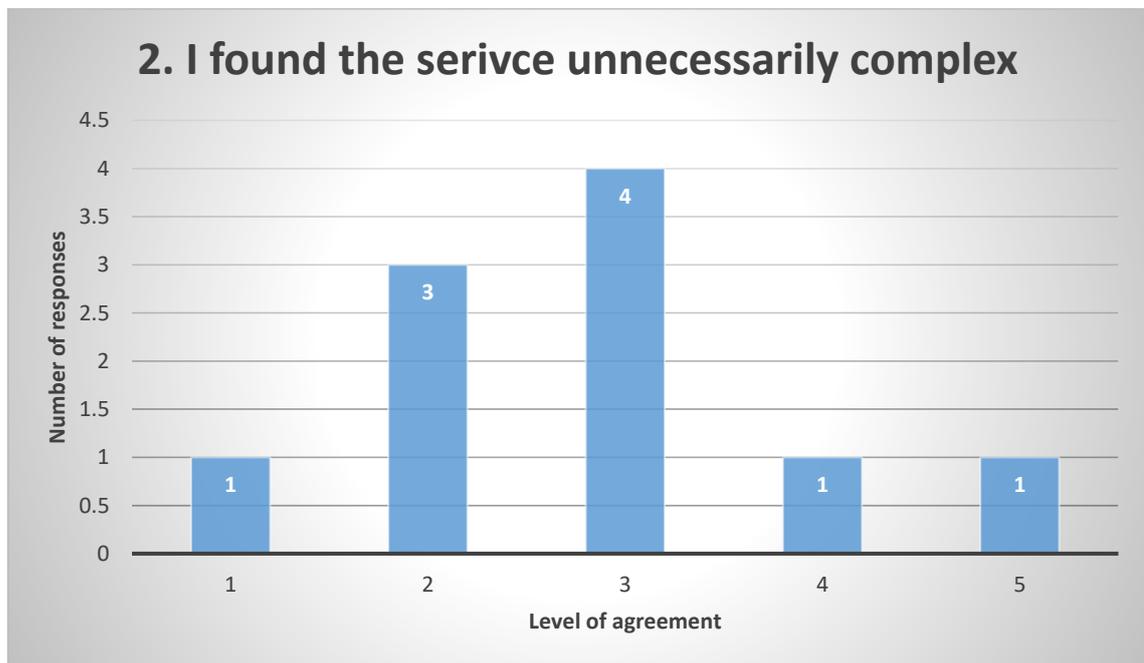


Gráfico 24 Anexo H: Respuestas a "2. I found the service unnecessarily complex"

En la tercera afirmación, los participantes presentaron una leve tendencia a creer que el servicio es fácil de utilizar, como se observa en el gráfico 25. El promedio de estas respuestas es 3.3, lo que indica una ligera tendencia positiva respecto a la afirmación.

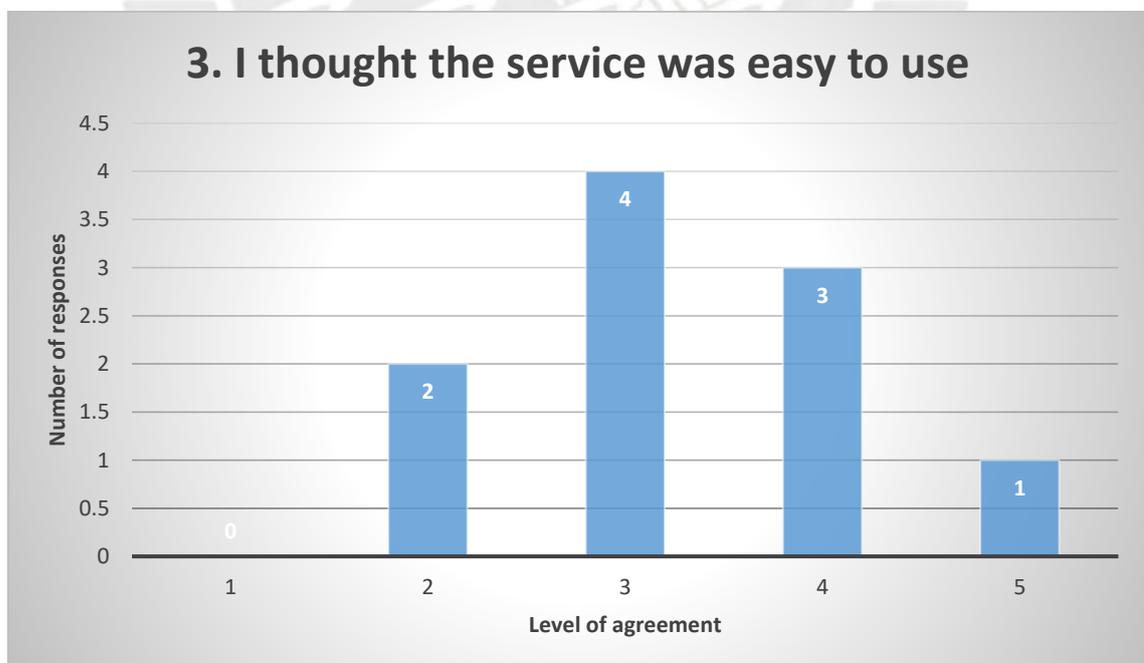


Gráfico 25 Anexo H: Respuestas a "3. I thought the service was easy to use"

En la cuarta afirmación, los participantes difieren respecto a su opinión sobre la necesidad de leer mucha documentación para poder utilizar este servicio, como se observa en el gráfico 26. El promedio de estas respuestas es 3.

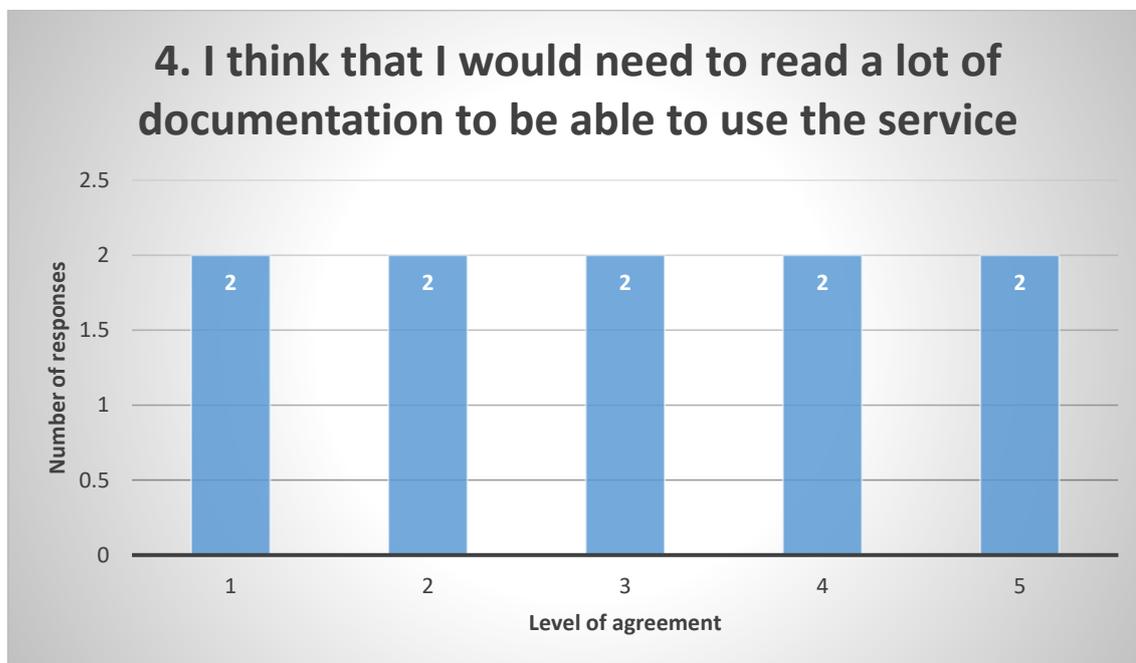


Gráfico 26 Anexo H: Respuestas a "4. I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service"

En la quinta afirmación, los participantes presentan una tendencia a estar de acuerdo respecto a la integridad de las funcionalidades del servicio, como se observa en el gráfico 27. El promedio de estas respuestas es 3.8.

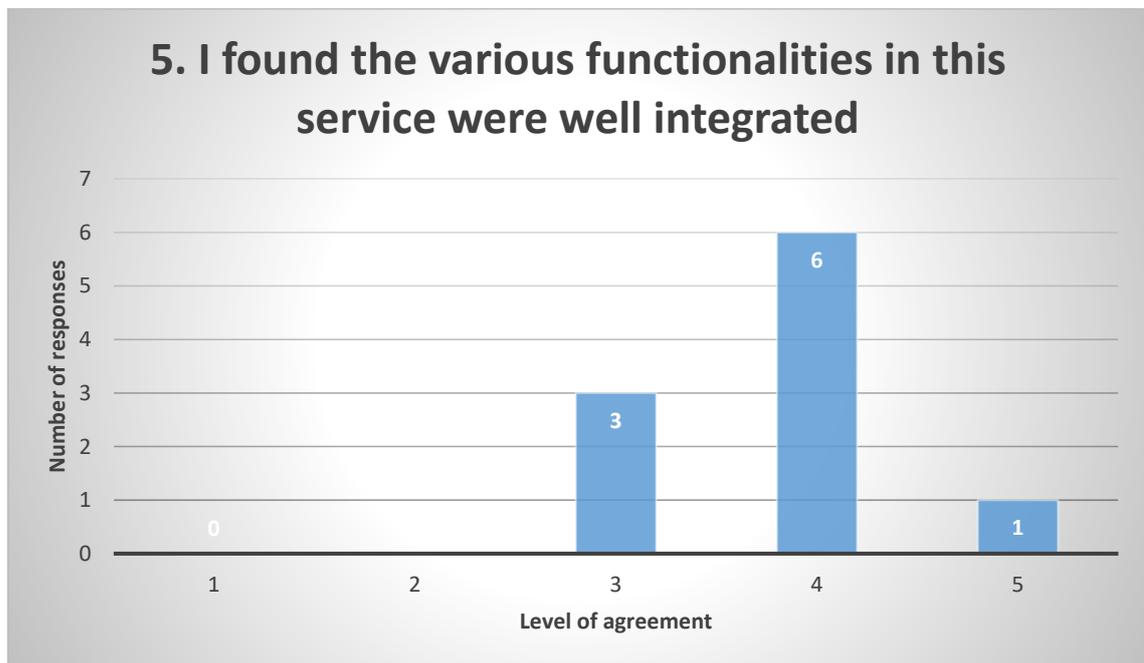


Gráfico 27 Anexo H: Respuestas a "5. I found the various functionalities in this service were well integrated"

En la sexta afirmación, los participantes difirieron respecto a la inconsistencia de opciones en el servicio, como se observa en el gráfico 28. El promedio de estas respuestas es 2.7 lo que indica una tendencia de desacuerdo con esta afirmación.

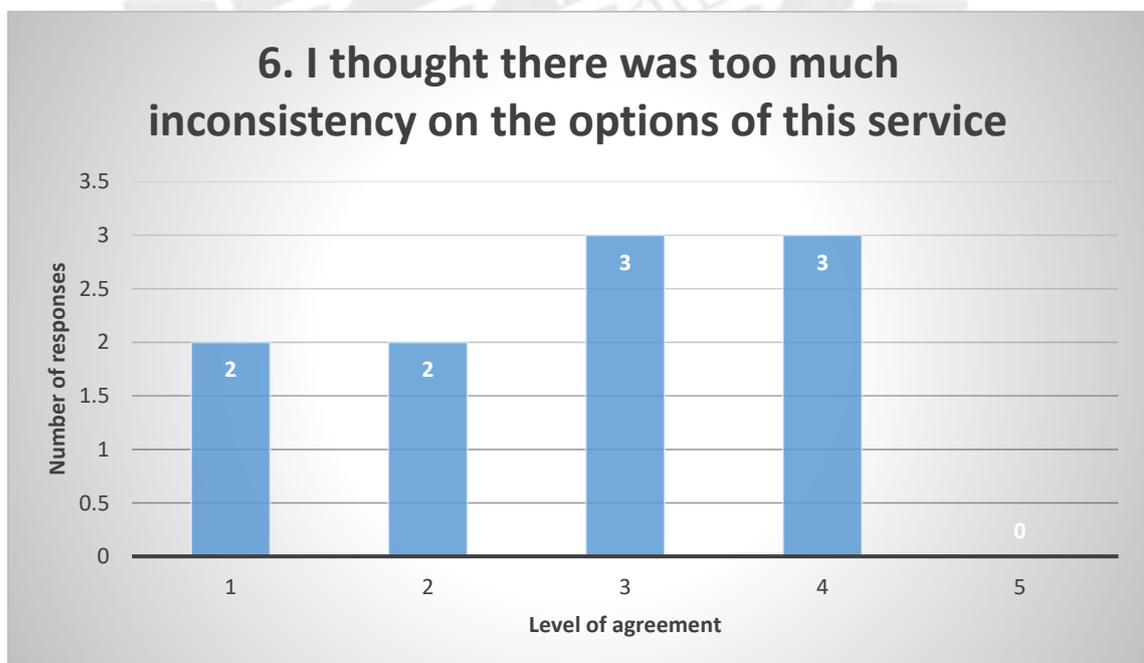


Gráfico 28 Anexo H: Respuestas a "6. I thought there was too much inconsistency on the options of this service"

En la séptima afirmación, los participantes se presentaron positivos respecto a la facilidad de aprendizaje del servicio, como se observa en el gráfico 29. El promedio de estas respuestas es 3.3

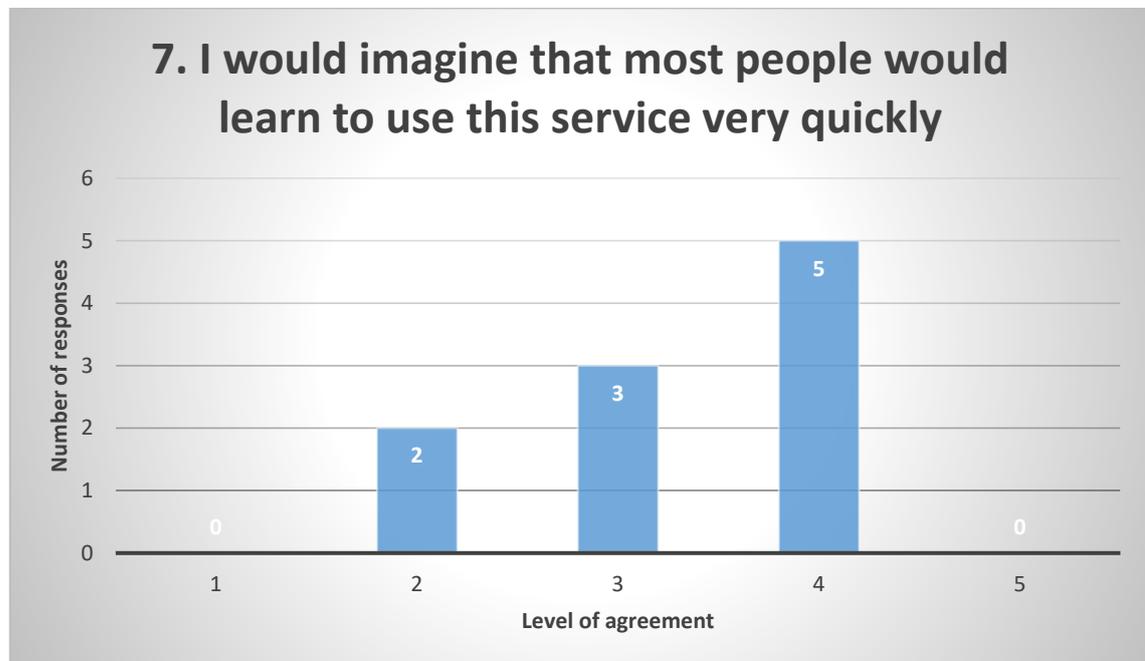


Gráfico 29 Anexo H: Respuestas a "7. I would imagine that most people would learn to use this service very quickly"

En la octava afirmación, la mayoría de participantes no estaban de acuerdo a la incomodidad en el uso de este servicio, como se observa en el gráfico 30. El promedio de estas respuestas es 2.4.

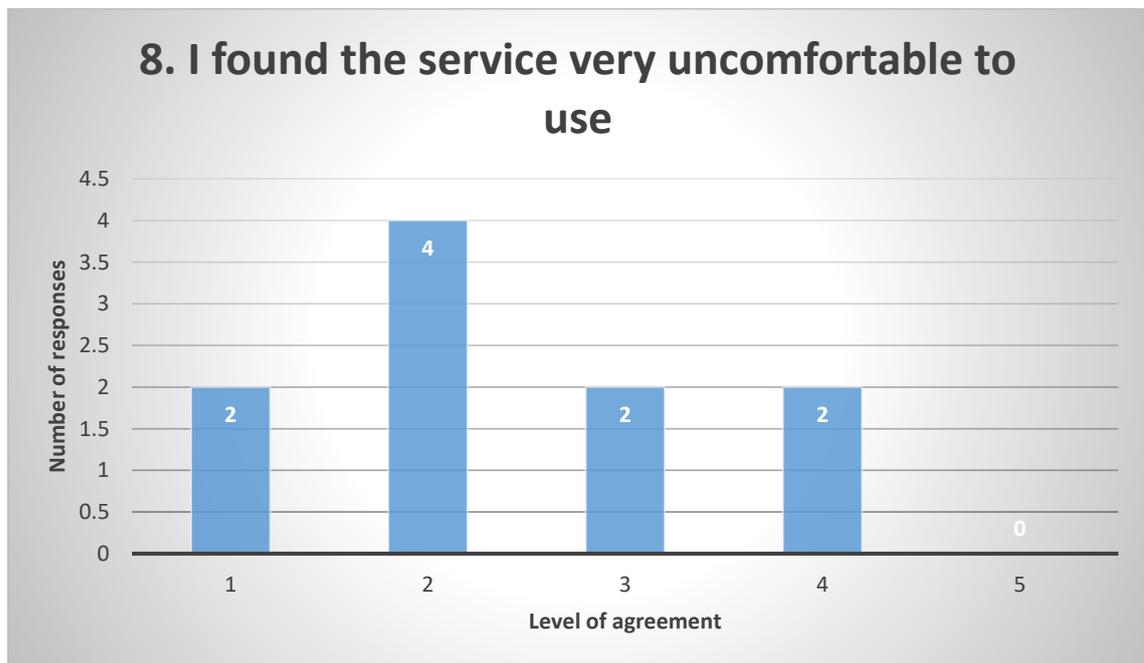


Gráfico 30 Anexo H: Respuestas a "8. I found the service very uncomfortable to use"

En la novena afirmación, los participantes presentaron una tendencia a considerarse confiados al utilizar este servicio, como se observa en el gráfico 31. El promedio de estas respuestas es 3.5.

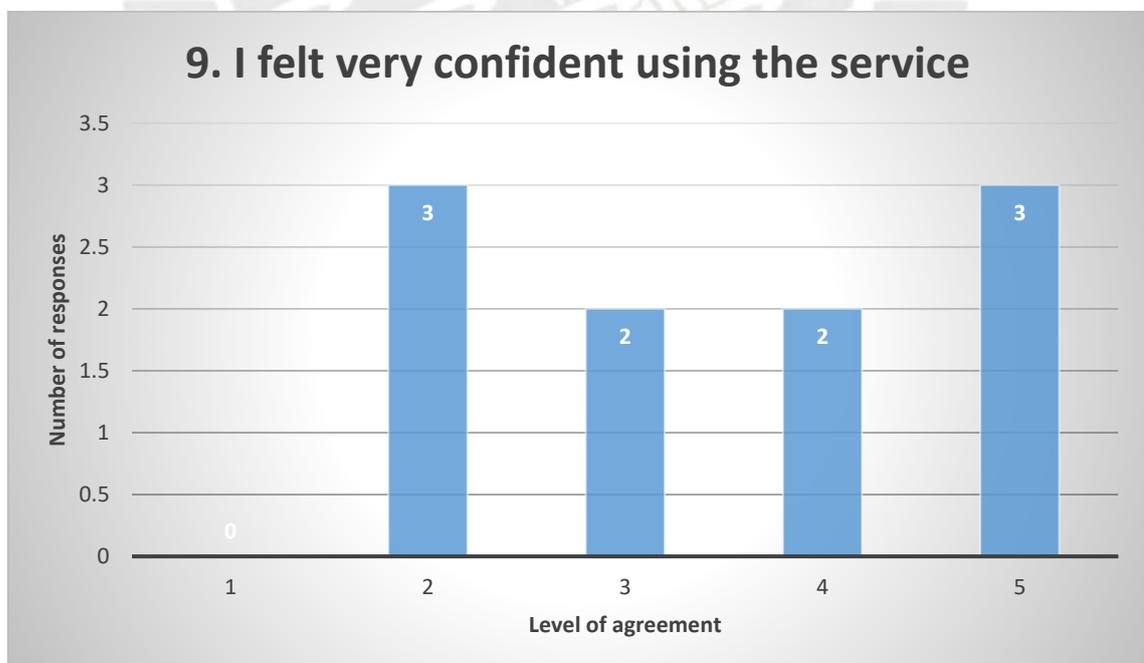


Gráfico 31 Anexo H: Respuestas a "9. I felt very confident using the service"

En la última afirmación, los participantes difirieron respecto a necesitar conocer diversas instrucciones u opciones para poder utilizar el servicio, como se observa en el gráfico 32. El promedio de estas respuestas es 3.3.



Gráfico 32 Anexo H: Respuestas a "10. I needed to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service"

Aplicando los criterios definidos por el autor del cuestionario original (Brooke, 1996), se obtiene que el promedio de resultados finales obtenidos es de 59.25. Según las categorías descritas en la sección 2.3 de este reporte, Pfam es calificado con D, se encuentra entre los percentiles 15 y 34, es descrito como OK, es neutral respecto a la admisibilidad y sus usuarios podrían ser considerados detractores, puesto que podrían no recomendar utilizar este servicio.

4. Conclusión

Utilizando el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés), se realizó una evaluación de usabilidad remota con usuarios. Con los resultados, se encontró que el puntaje SUS obtenido en la evaluación de Pfam es 59.25.

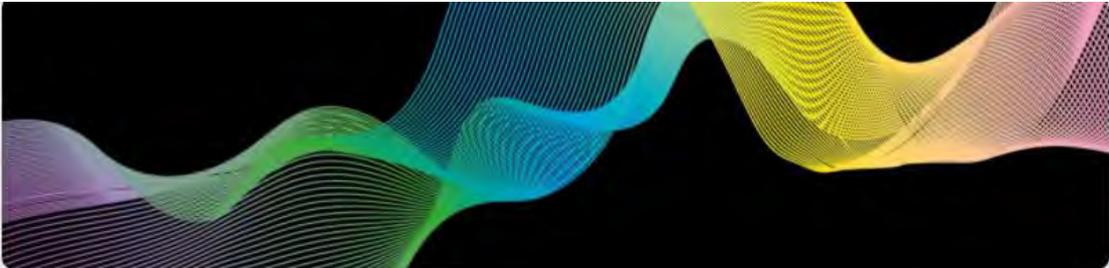
Según Sauro, este resultado puede ser categorizado como un servicio OK. En términos de usabilidad (Sauro, 2018). Además, Pfam estaría considerado como neutral, puesto que su resultado se ubica entre el percentil 15 y 34 (Sauro, 2018).

Por lo anterior, se concluye que se podría realizar una actualización a la interfaz de Pfan en el que sea considerado aspectos relacionados a la usabilidad de esta. Para esto se podría seguir alguna propuesta de lineamientos de diseño de interfaces en servicios web bioinformáticos.



5. Apéndices

5.1. Capturas de pantalla del formulario elaborado en Google Forms



Usability Evaluation - Pfam

*Obligatorio

Informed Consent

You are invited to participate on the research "Usability Evaluation - Pfam". This is part of the thesis project "Usability on Bioinformatics Web Services" directed by Manuel Alberto Bezerra Brandao Corrales, Informatics Engineering student at Pontificia Universidad Católica del Perú, advised by Dr. Layla Hirsh and Dr. José Pow Sang. The objective of this reasearch is to evaluate the usability of the user interface of Pfam.

If you accept to participate, you will be asked to fill this form. This will take you approximately ten minutes. Your participation in this research is voluntary. You can choose not to answer the questions or stop completing the form at any time. Besides, you are participating anonymously and in a confidential way. The information that you will bring will not be associated to any detail that could be related to you and will only be used in an academic way.

This study does not present any risk. The are no direct benefits for you as a result of your participation. By participating in this research, you will contribute to the academic comprehension of the subject of study, As an academic research, if you wish to obtain the results at the end of the study, you will be asked to fill in your e-mail at the end of this form.

If you present any doubt or question, feel free to communicate with Dr. Layla Hirsh by sending an email to lhirsh@pucp.edu.pe

By clicking on yes on the next question, you affirm that you have read this informed consent and you accept to participate voluntarily in this research.

Figura 41 Anexo H: Captura de formulario - Consentimiento informado

Do you accept to participate in this research? *

Yes

No

Figura 42 Anexo H: Captura de formulario - Confirmación del consentimiento

Pfam - Previous Experience

Pfam is a database of protein families, with aproximadmtly 17,900 families in realse 32.0 (El-Gebali et al., 2019). Pfam database entry is comprised of a seed alignment, which forms the basis to build a profile hidden Markov model (HMM)using theHMMERsoftware (El-Gebali et al., 2019).

Pfam web home page <https://pfam.xfam.org/>

The screenshot shows the Pfam website home page. At the top, there are navigation links: HOME | SEARCH | BROWSE | PFM | HELP | ABOUT. The main heading is 'Pfam 33.1 (May 2020, 18259 entries)'. Below this, there is a brief description: 'The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by multiple sequence alignments and hidden Markov models (HMMs). More...'. There are several search and view options: QUICK LINKS, SEQUENCE SEARCH, VIEW A PFAM ENTRY, VIEW A CLAN, VIEW A SEQUENCE, VIEW A STRUCTURE, KEYWORD SEARCH, and HOME. A search bar is visible with a 'Go' button and a 'Complete' button. Below the search bar, there are several recent updates or news items, including 'A new Pfam 33.1 is released', 'Pfam 33.1 is released', and 'Pfam 33.1 is released'. The page also features the EMBL-EBI logo on the left and the Pfam logo on the right.

Figura 43 Anexo H: Captura de formulario - Presentación del servicio web bioinformático a evaluar

What is your current occupation? *

Researcher

Professor

Student

Otros: _____

What is your specialization area?

This is an optional question

Tu respuesta _____

Figura 44 Anexo H: Captura de formulario - Información del participante

Have you used Pfam before? *

Yes

No

Figura 45 Anexo H: Captura de formulario - Experiencia previa con el servicio

Usability Evaluation - Pfam

*Obligatorio

SUS-BWS: System Usability Scale for Bioinformatics Web Services

You will be presented 10 affirmations about your experience with Pfam. If you haven't used the web service that is being evaluated, please use it before you continue. On a scale from 1 to 5, you will need to answer your perception about each affirmation. 1 means you strongly disagree and 5 means you strongly agree. Please mark your answer without over analysing it.

This is an adapted version of the System Usability Scale (Brooke, 1996).

Figura 46 Anexo H: Captura de formulario – Presentación del cuestionario SUS-BWS

1. I think I would like to use this service frequently *

	1	2	3	4	5	
Strongly disagree	<input type="radio"/>	Strongly agree				

2. I found the service unnecessarily complex *

	1	2	3	4	5	
Strongly disagree	<input type="radio"/>	Strongly agree				

Figura 47 Anexo H: Captura de formulario - Cuestionario SUS-BWS parte 1

3. I though the service was easy to use *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

4. I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use this service *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

5. I found the various functionalities in this service were well integrated *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

Figura 48 Anexo H: Captura de formulario - Cuestionario SUS-BWS parte 2

6. I thought there was too much inconsistency on the options of this service *

1 2 3 4 5

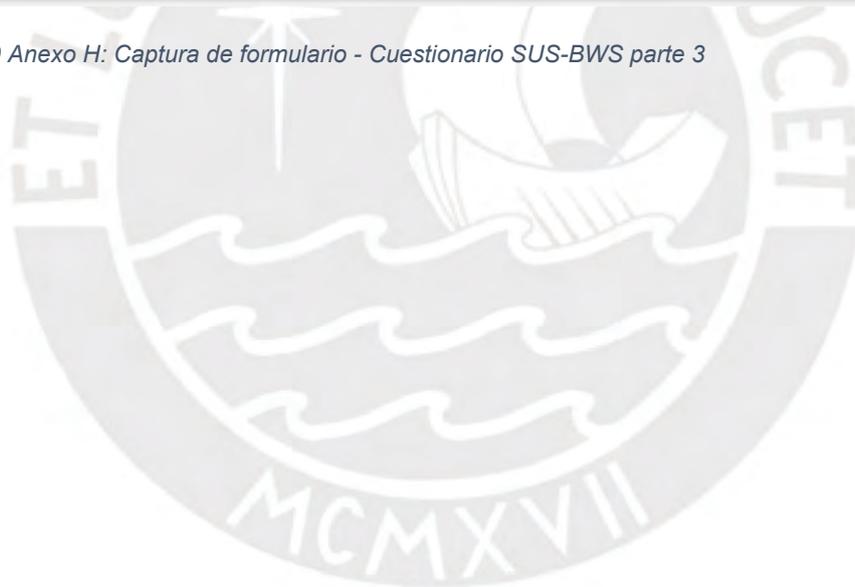
Strongly disagree Strongly agree

7. I would imagine that most people would learn to use this service very quickly *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

Figura 49 Anexo H: Captura de formulario - Cuestionario SUS-BWS parte 3



8. I found the service very uncomfortable to use *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

9. I felt very confident using the service *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

10. I need to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service *

1 2 3 4 5

Strongly disagree Strongly agree

Figura 50 Anexo H: Captura de formulario - Cuestionario SUS-BWS parte 4

Thank you for participating

If you wish to obtain the results at the end of the study, please fill in your email.

Email

If you wish to obtain the results at the end of the study, please fill in your email, otherwise you can skip this section.

Tu respuesta _____

Figura 51 Anexo H: Captura de formulario - Final



5.2. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad



Manuel A. Bezerra Brandao Corrales <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Acta de aceptación de documento

1 mensaje

Jose Antonio Pow Sang Portillo <japowsang@pucp.pe>

15 de octubre de 2020, 13:01

Para: "Manuel A. Bezerra Brandao Corrales" <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Cc: Layla Hirsh Martinez <lhirsh@pucp.edu.pe>

Nombre del documento: Reporte de evaluaciones de usabilidad en un servicio web bioinformático altamente usado utilizando el método e instrumento ajustado para servicios web bioinformáticos

Descripción del documento: Documento que contiene una introducción sobre el reporte, la presentación del servicio web bioinformático, el método e instrumento de evaluación, las herramientas para aplicar e interpretar los resultados. Asimismo, el documento contiene un reporte descriptivo de los resultados obtenidos y conclusiones.

Mediante la presente acta, yo José Antonio Pow-Sang Portillo dejo constancia de que se ha revisado por medio de juicio experto el documento, descrito en los puntos anteriores, perteneciente al proyecto de tesis Usabilidad en servicios web bioinformáticos. Adicionalmente, en el siguiente cuadro se describen las observaciones que se podrían levantar para mejorar el documento.

Veredicto:

Aceptado Requiere levantar algunas observaciones

Observaciones:

Sin observaciones

Lima, 15 de octubre de 2020

—

Dr. José Antonio Pow-Sang P.

Profesor Principal | Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado
Director de la Maestría en Informática
japowsang@pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
+51-1-626-2000 Ext. 5111
<http://www.pucp.edu.pe/jose-pow-sang-portillo/>



Senior Member
jose.powsang.pe@ieee.org



Anexo I: Reporte de comparación de los resultados obtenidos con el método para realizar pruebas de usabilidad seleccionado con los resultados obtenidos con el método e instrumento ajustado para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos

Este anexo contiene el documento con una comparación de los resultados obtenidos utilizando el método e instrumento de evaluación seleccionado y los resultados obtenidos utilizando el método e instrumento ajustado propuesto en un servicio web bioinformático altamente usado. Este documento contiene una comparación descriptiva de los resultados obtenidos con el método e instrumento seleccionados para realizar pruebas de usabilidad, evaluación remota con usuarios mediante cuestionarios utilizando el instrumento SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) propuesto por Brooke en 1996, y los resultados obtenidos utilizando el instrumento ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés). Consta de una descripción de los métodos, instrumentos y herramientas utilizadas, la presentación de la comparación de los datos demográficos de los participantes y de los resultados obtenidos en cada evaluación. Asimismo, se presenta una comparación de la precisión de los cuestionarios en base a la opinión diversos usuarios de servicios web bioinformáticos. Finalmente, se cierra con una discusión y una conclusión respecto a la comparación.

1. Introducción

En este documento se presenta un reporte comparativo entre los resultados obtenidos mediante un método e instrumento de evaluación de usabilidad seleccionados con los resultados obtenidos mediante un método e instrumento ajustado de evaluación de usabilidad ajustado en un servicio web bioinformático altamente usado. Para esto se hace la presentación del servicio web bioinformático evaluado, los métodos, instrumentos y herramientas utilizadas en las evaluaciones. Luego, se presenta los resultados obtenidos de manera resumida con la que se realiza una discusión. Además, se realiza una encuesta a diversos usuarios de servicios web bioinformáticos respecto a la precisión de los cuestionarios. Finalmente, se presentan las conclusiones referidas la comparación de resultados y a la opinión de los participantes.

2. Servicio web bioinformático evaluado

Las evaluaciones de usabilidad fueron realizados sobre el servicio web bioinformático Pfam (Finn, 2006). Este es una base de datos completa de familias de proteínas ofrecida por el EMBL-EBI (Laboratorio Europeo de Biología Molecular - Instituto Europeo de Bioinformática, por sus siglas en inglés) que cuenta con más de 17,900 familias (El-Gebali et al., 2019). La página web principal de este servicio puede ser observada en la figura 52.

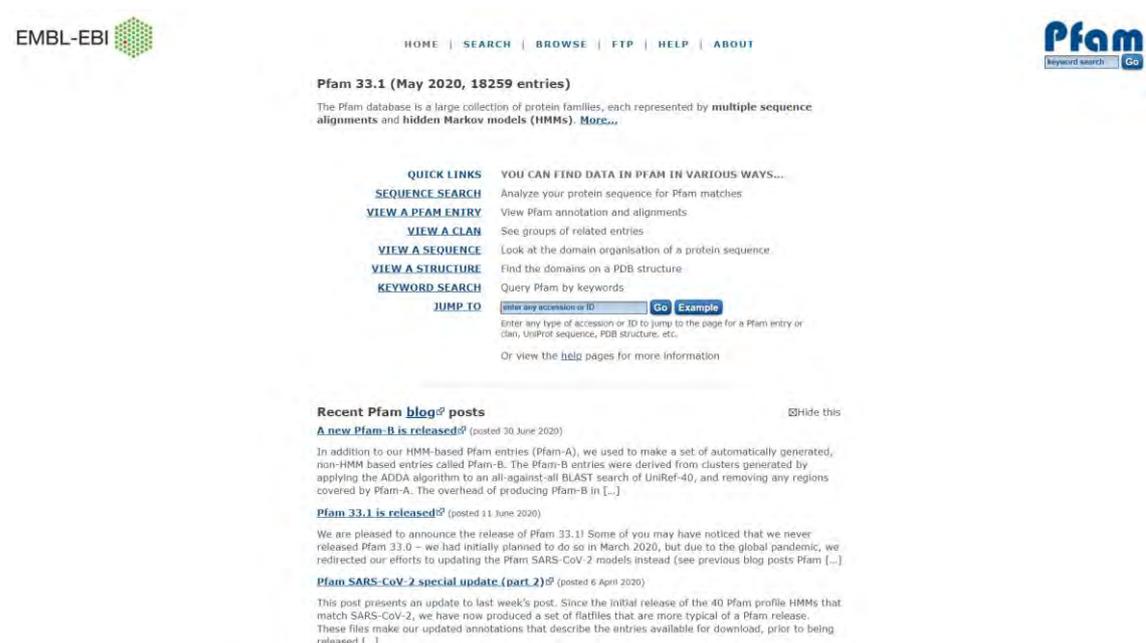


Figura 52 Anexo I: Página web principal de Pfam <https://pfam.xfam.org/>

De acuerdo a Scopus⁴⁴, una base de datos de artículos STM (ciencia, tecnología y medicina por sus siglas en inglés), el artículo académico *The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future* (Finn et al., 2016) cuenta con más de 2,600 citaciones y cuenta con un puntaje de impacto según área de investigación de 176.85⁴⁵. El gráfico con las citaciones del artículo mencionado en los últimos 5 años puede ser observado en la figura 53.

⁴⁴ Tomado de <https://www.scopus.com/record/pubmetrics.uri?eid=2-s2.0-84976865403>

⁴⁵ Según Scopus, este indicador muestra que tanto impacto tiene la publicación en comparación a documentos similares. Un valor mayor a 1.00 significa que el artículo académico ha sido citado más de lo esperado.

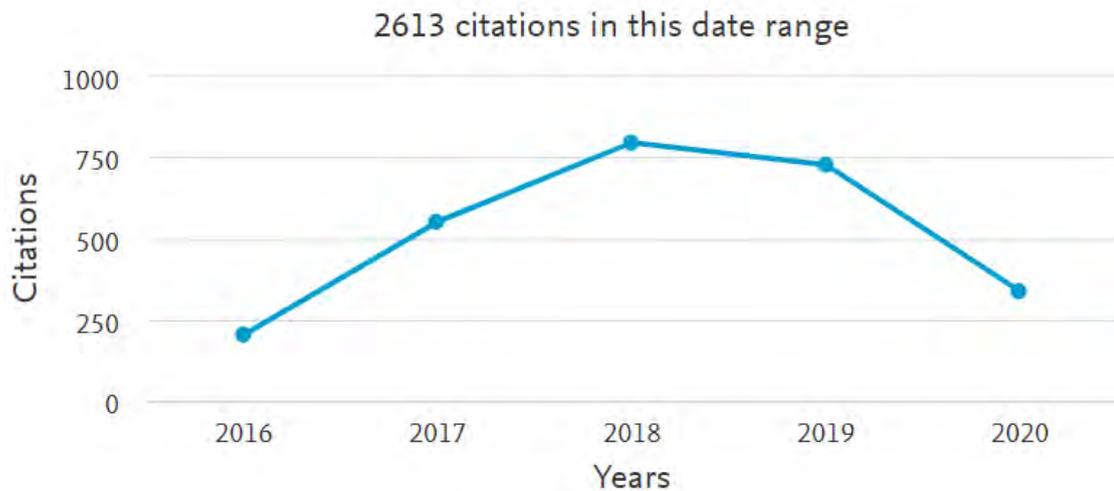


Figura 53 Anexo I: Gráfica de número de citas por año del artículo académico *The Pfam protein families database: Towards a more sustainable future*

Con la información presentada en los párrafos anteriores, se puede concluir que Pfam es un servicio web bioinformático altamente utilizado en la investigación relacionada a Bioinformática.

3. Método e instrumentos utilizados

El método utilizado para obtener los resultados al evaluar en términos de usabilidad al servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019) es la prueba con usuarios remota mediante cuestionario (Fidas et al., 2007). Este método facilita la participación de diversos usuarios ubicaciones en diferentes posiciones geográficas en esta evaluación (Fidas et al., 2007). Asimismo, los resultados obtenidos reflejan la realidad respecto a la usabilidad de la interfaz gráfica del servicio web bioinformático evaluado debido a que se mide según una experiencia verdadera.

Este método fue aplicado haciendo uso de dos instrumentos de evaluación de usabilidad diferentes. Se utilizó el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) propuesto por Brooke en 1996 (Brooke, 1996) y el cuestionario SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés) el cual es una propuesta de adaptación del instrumento SUS para servicios web bioinformáticos. En las siguientes secciones se describen estos instrumentos. Adicionalmente, para comparar la precisión de ambos cuestionarios, se realizó una encuesta a diversos usuarios de servicios web bioinformáticos.

3.1. SUS: System Usability Scale (Brooke, 1996)

El instrumento SUS es una escala de Likert que indica qué tan de acuerdo está el usuarios participante respecto a diez afirmaciones sobre la usabilidad de la interfaz evaluada (Brooke, 1996). La escala es medida del 1 al 5, donde 1 representa “Totalmente en desacuerdo” y 5 representa “Totalmente de acuerdo” (Brooke, 1996). brinda un resultado escalar de manera global respecto a la usabilidad de una interfaz en base a diez preguntas para marcar (Brooke, 1996). Debe ser aplicado en personas que ya hayan utilizado la herramienta a evaluar previamente (Brooke, 1996). Asimismo, se debe solicitar que el usuario participante responda sin analizar profundamente sus respuestas, para mantener la objetividad de los resultados (Brooke, 1996). En la figura 54 se pueden observar las 10 afirmación pertenecientes al cuestionario SUS.

El autor del cuestionario presenta una fórmula para la calificación escalar del sistema evaluado. Según Brooke, cada pregunta tiene un puntaje del 0 al 4 (Brooke, 1996). Para las afirmaciones 1, 3, 5, 7, y 9 el puntaje asignado es el valor de la posición escalar menos 1 (Brooke, 1996). Para las afirmaciones 2, 4, 6, 8 y 10 el puntaje asignado es 5 menos el valor de la posición escalar (Brooke, 1996). Finalmente, se debe sumar todos los puntajes y multiplicarlo por 2.5 para obtener el resultado final (Brooke, 1996). El resultado final de la evaluación consta de un puntaje del 0 al 100 que indica qué tan usable puede ser considerada la interfaz evaluada (Brooke, 1996).

© Digital Equipment Corporation, 1986.

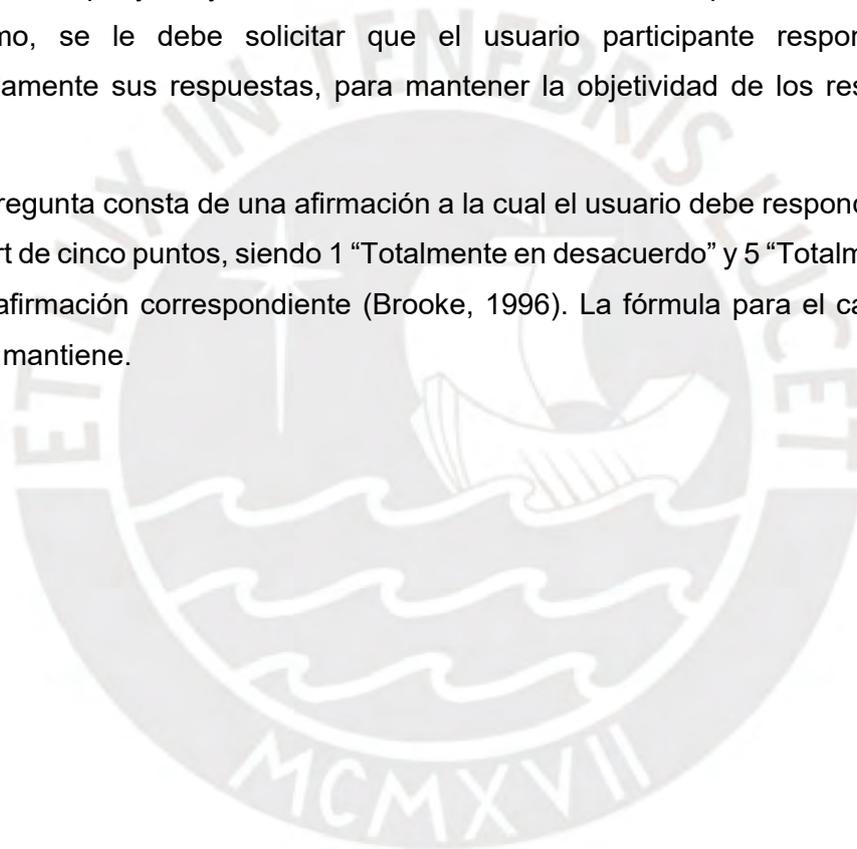
	Strongly disagree				Strongly agree
1. I think that I would like to use this system frequently	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
2. I found the system unnecessarily complex	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
3. I thought the system was easy to use	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
5. I found the various functions in this system were well integrated	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
6. I thought there was too much inconsistency in this system	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
8. I found the system very cumbersome to use	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
9. I felt very confident using the system	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system	<input type="checkbox"/>				
	1	2	3	4	5

Figura 54 Anexo I: Diez afirmaciones pertenecientes al cuestionario SUS, acompañadas de una escala de Likert de cinco puntos (Brooke, 1996)

3.2. SUS-BWS: System Usability Scale for Bioinformatics Web Services

El instrumento ajustado propuesto SUS-WBS, al igual que el cuestionario SUS (Brooke, 1996), brinda un resultado escalar de manera global respecto a la usabilidad de una interfaz en base a diez preguntas para marcar (Brooke, 1996). Dado que el cuestionario ajustado propuesto mantiene la naturaleza del cuestionario original, deben seguirles las mismas indicaciones propuestas por el autor. En la figura 55 se pueden observar las 10 afirmación pertenecientes al cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS. Requiere ser aplicado en participantes que ya hayan utilizado la herramienta a evaluar previamente (Brooke, 1996). Asimismo, se le debe solicitar que el usuario participante responda sin analizar profundamente sus respuestas, para mantener la objetividad de los resultados (Brooke, 1996).

Cada pregunta consta de una afirmación a la cual el usuario debe responder en una escala de Likert de cinco puntos, siendo 1 “Totalmente en desacuerdo” y 5 “Totalmente de acuerdo” con la afirmación correspondiente (Brooke, 1996). La fórmula para el cálculo del puntaje final se mantiene.



	Strongly Agree	Strongly Disagree
1. I think I would like to use this service frequently	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
2. I found the service unnecessarily complex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
3. I thought the service was easy to use	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
4. I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use this service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
5. I found the various functionalities in this service were well integrated	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
6. I thought there was too much inconsistency on the options of this service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
7. I would imagine that most people would learn to use this service very quickly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
8. I found the service very uncomfortable to use	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
9. I felt very confident using the service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5
10. I need to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	5

Figura 55 Anexo I: Diez afirmaciones pertenecientes al cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS, acompañadas de una escala de Likert de cinco puntos

4. Herramientas utilizadas

Los cuestionarios fueron aplicados mediante la herramienta Google Forms⁴⁶. Estos formularios cuentan con tres secciones y la totalidad está escrito en inglés. En la primera sección se realiza una breve introducción al proyecto de fin de carrera y se presenta el consentimiento informado para el uso de los datos recolectados⁴⁷.

En la segunda sección del formulario se le pregunta al participante respecto a su ocupación y si cuenta con alguna experiencia utilizando el servicio web bioinformático evaluado. Finalmente, en la última sección, se presentan las diez preguntas del cuestionario SUS (Brooke, 1996) o del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS, según sea el caso, para que el usuario responda según su experiencia utilizando el servicio web bioinformático evaluado.

Ambos instrumentos presentan como resultado final un puntaje del 0 al 100. La interpretación de este puntaje final se realiza en base a lo propuesto en *5 Ways to Interpret a SUS Score* (Sauro, 2018). En esta publicación, Sauro explica la interpretación del resultado según percentiles, calificaciones, adjetivos, admisibilidad y NPS (*Net Promoter Score*, por sus siglas en inglés) (Sauro, 2018). Estas interpretaciones pueden ser observadas en la figura 56.

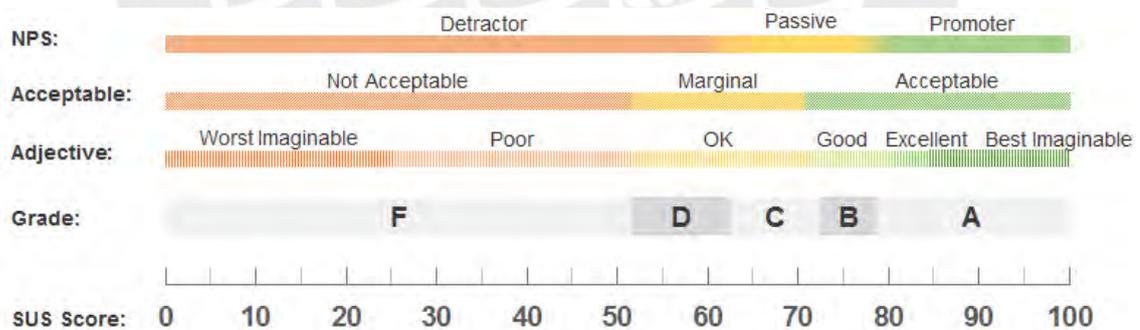


Figura 56 Anexo I: Categorías de percentiles, calificaciones, adjetivos y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018)

⁴⁶ Ofrecida como parte del paquete GSuite, <https://gsuite.google.com/intl/es-419/products/forms/>

⁴⁷ Tomando como referencia el Protocolo de consentimiento informado para participantes del Comité de ética para la investigación con seres humanos y animales del Vicerrectorado de Investigación PUCP <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/3614.pdf>

Asimismo, se muestra en la tabla 26 la clasificación de los resultados sus según las categorías observadas en la figura 56.

Tabla 26 Anexo I: Categorías de percentiles, calificación, adjetivos, admisibilidad y NPS para la descripción de resultados SUS (Sauro, 2018)

SUS	Calificación	Rango Percentil	Adjetivo	Admisibilidad	NPS
84.1 - 100	A+	96 - 100	Ideal	Admisible	Promotor
80.8 - 84.0	A	90 - 95	Excelente	Admisible	Promotor
78.9 - 80.8	A-	85 - 89		Admisible	Promotor
77.2 - 78.8	B+	80 - 84		Admisible	Pasivo
74.1 - 77.1	B	70 - 79		Admisible	Pasivo
72.6 - 74.0	B-	65 - 69		Admisible	Pasivo
71.1 - 72.5	C+	60 - 64	Bueno	Admisible	Pasivo
65.0 - 71.0	C	41 - 59		Neutral	Pasivo
62.7 - 64.9	C-	35 - 40		Neutral	Pasivo
51.7 - 62.6	D	15 - 34	OK	Neutral	Detractor
25.1 - 51.6	F	2 - 14	Pobre	No admisible	Detractor
0 - 25	F	0 - 1.9	Atroz	No admisible	Detractor

Los percentiles están basados en un gran set de datos normalizado de resultados SUS (Sauro, 2018). Estos percentiles posicionan al resultado obtenido en comparación a los resultados registrados en el set de datos, como se observa en la figura 57.

En base a los rangos percentiles y al set de resultados SUS se definen calificaciones, adjetivos y admisibilidad (Sauro, 2018). Según el estudio realizado sobre la relación entre el resultado SUS y el puntaje NPS, se puede clasificar el total final como “Promotor”, “Pasivo” y “Detractor” (Sauro, 2012). La clasificación “Promotor” indica que los usuarios tienden a recomendar el servicio evaluado, mientras que la clasificación “Detractor” indica que los usuarios tienden a realizar lo contrario (Sauro, 2018).

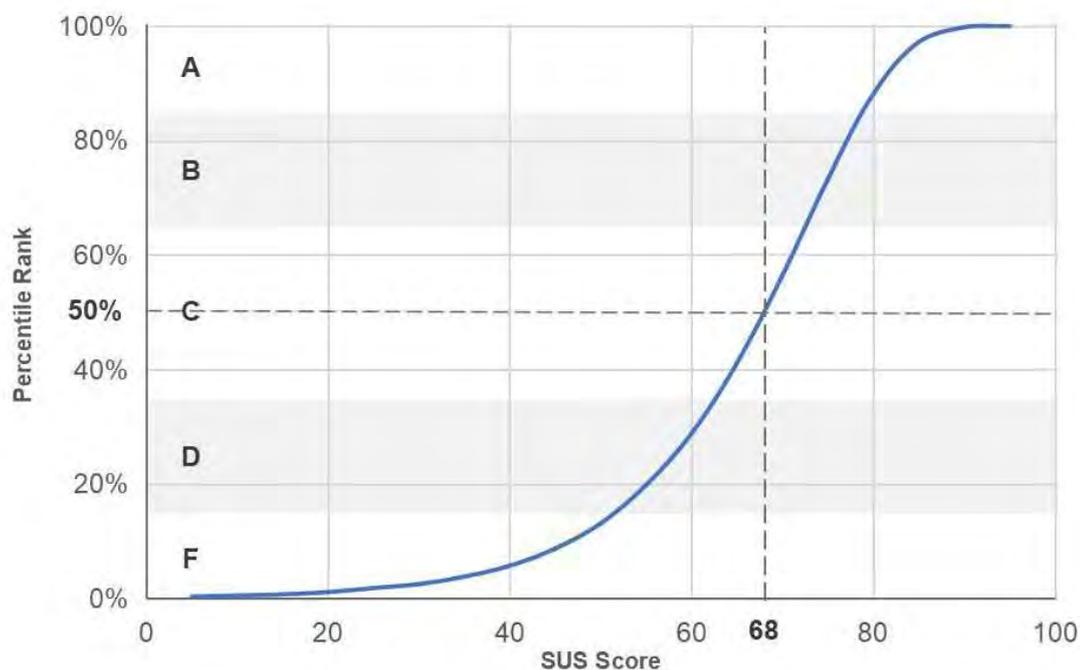


Figura 57 Anexo I: Puntaje SUS en una curva con percentiles y calificaciones (Sauro, 2018)

Para comparar la precisión de los cuestionarios en servicios web bioinformáticos, se realizó una encuesta de opinión a diversos usuarios de este tipo de software. Esta encuesta fue aplicada mediante la herramienta Google Forms⁴⁸. En la primera sección se realiza una breve introducción al proyecto de fin de carrera y se presenta el consentimiento informado para el uso de los datos recolectados⁴⁹.

En la segunda sección del formulario se solicita al participante su información demográfica y ocupación. Además, se pregunta si ha participado en alguna de las evaluaciones de usabilidad realizadas anteriormente relacionados a este proyecto.

Finalmente, en la última sección, se presentan los diez escenarios de usabilidad analizados en los cuestionarios utilizados. Los usuarios deben escoger para cada escenario la afirmación que considere más precisa en servicios web bioinformáticos. Esta puede ser una

⁴⁸ Ofrecida como parte del paquete GSuite, <https://gsuite.google.com/intl/es-419/products/forms/>

⁴⁹ Tomando como referencia el Protocolo de consentimiento informado para participantes del Comité de ética para la investigación con seres humanos y animales del Vicerrectorado de Investigación PUCP <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/3614.pdf>

de las afirmaciones presentadas en el cuestionario SUS (Brooke, 1996) o una de las afirmaciones presentadas por el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS. Asimismo, los participantes pueden responder que ambas afirmaciones son igual de precisas para evaluar servicios web bioinformáticos. Como apéndice a este reporte se presentan capturas de cada sección del formulario elaborado en Google Forms.

A continuación, en la tabla 27 se presentan los escenarios de usabilidad considerados para la encuesta junto a sus respectivas afirmaciones pertenecientes a los cuestionarios evaluados.



Tabla 27 Escenarios de usabilidad y las afirmaciones que los evalúan en los instrumentos comparados en servicios web bioinformáticos.

Escenario de usabilidad en servicios web bioinformáticos	SUS (System Usability Scale) (Brooke, 1996)	SUS-BWS (System Usability Scale for Bioinformatics Web Services)
<i>To refer how much a user enjoys using a bioinformatics web service</i>	<i>"I think I would like to use this system frequently".</i>	<i>"I think that I would like to use this service frequently".</i>
<i>To refer how difficult is to understand a bioinformatics web service for a user</i>	<i>"I found the system unnecessarily complex".</i>	<i>"I found the service unnecessarily complex".</i>
<i>To refer how easy to use is a bioinformatics web service for a user</i>	<i>"I though the system was easy to use".</i>	<i>"I though the service was east to use".</i>
<i>To refer how much help does a bioinformatics web service user needs</i>	<i>"I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system".</i>	<i>"I thinks that I would need to read a lot of documentation to be able to use this service".</i>
<i>To refer how well is the structure of a bioinformatics web service for a user</i>	<i>"I found the various functions in this system were well integrated".</i>	<i>"I found the various functionalities in this service were well integrated".</i>
<i>To refer how many problems has encountered a user on a bioinformatics web service</i>	<i>"I thought there was too much inconsistency in this system".</i>	<i>"I thought there was too much inconsistency on the options in this service".</i>
<i>To refer how easy to learn is a bioinformatics web service for a user</i>	<i>"I would imagine that most people would learn to use this system very quickly".</i>	<i>"I would imagine that most people would learn to use this service very quickly".</i>
<i>To refer how awkward is a bioinformatics web service for a user</i>	<i>"I found the system very cumbersome to use".</i>	<i>"I found the service very uncomfortable to use".</i>
<i>To refer how sure a bioinformatics web service user feels</i>	<i>"I felt very confident using the system".</i>	<i>"I felt very confident using the service".</i>
<i>To refer how much stuff to understand how to use a bioinformatics web service does a user needs to learn</i>	<i>"I need to learn a lot of things before I could get going with this system".</i>	<i>"I need to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service".</i>

5. Resultados obtenidos

En la evaluación utilizando el cuestionario SUS (Brooke, 1996) se tuvo la participación de doce personas, mientras que en la evaluación utilizando el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS se tuvo la participación de diez personas.

En las siguientes secciones se presenta la comparación de los datos demográficos de los participantes y la comparación de los resultados obtenidos en los cuestionarios. Asimismo, en la última sección se presenta los datos obtenidos en la encuesta de opinión a usuarios de servicios web bioinformáticos sobre la precisión de los cuestionarios utilizados.

5.1. Resultados demográficos

Se preguntó a los participantes a qué rango de edad pertenecen. En el formulario del cuestionario SUS, la mayoría de participantes se encuentra entre los 30 y 39 años. En el formulario del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS, la mayoría de participantes se encuentra por debajo de los 20 años. Estas respuestas pueden ser observadas en el gráfico 33.

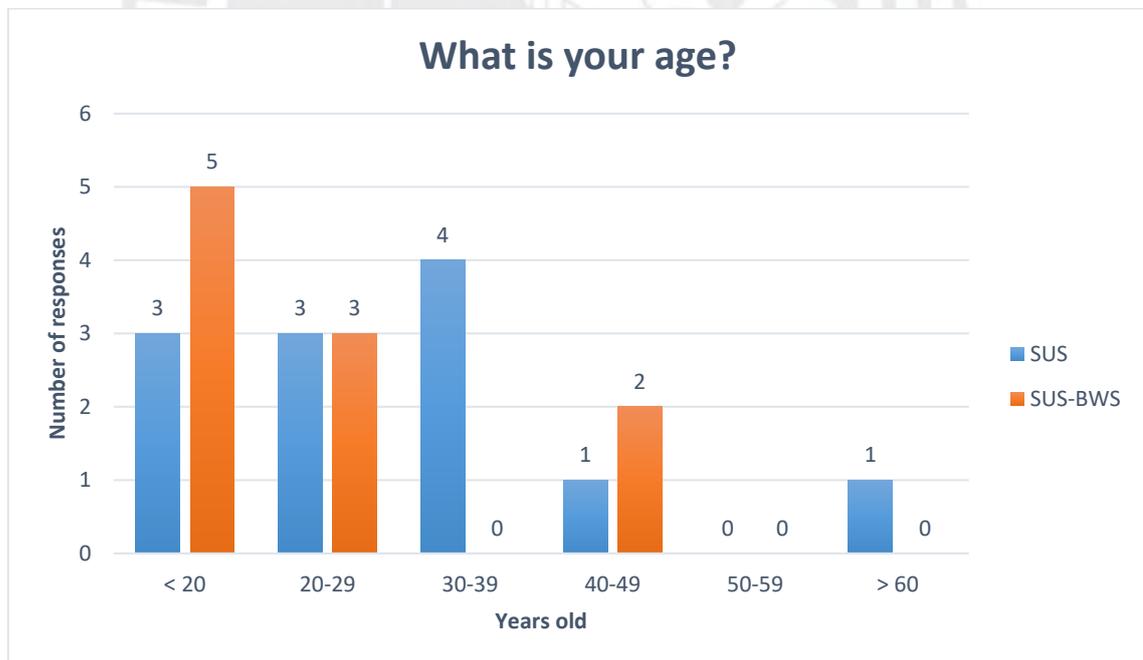


Gráfico 33 Anexo I: Respuestas a "What is your age"

Se preguntó a los participantes el país en el que nacieron. La mayoría en ambos grupos nació en Perú. Además, en ambas evaluaciones se contó con participación de personas del continente americano y europeo. Un participante respondió como país de nacimiento

“Europa”. Esta última respuesta se cree que el participante nació en un país que actualmente ya no es reconocido como tal por lo que prefirió poner dicha respuesta. Estas respuestas se pueden observar en el gráfico 34.

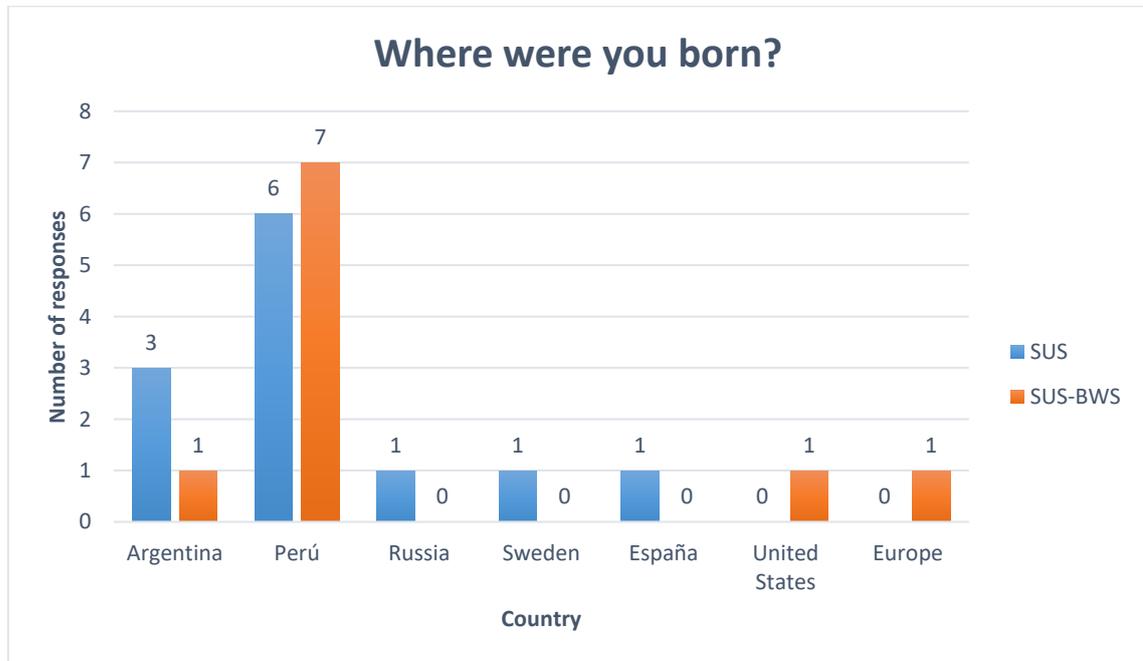


Gráfico 34 Anexo I: Respuestas a "Where were you born?"

Se preguntó a los participantes cuál es su ocupación actual, con la posibilidad de marcar más de una respuesta. La mayoría de los participantes del formulario con el cuestionario SUS respondieron que actualmente son investigadores. En el formulario con el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS la mayoría respondió que actualmente la mayoría son estudiantes, lo que tiene relación en el rango de edad de los participantes. Estas respuestas se pueden observar en el gráfico 35.

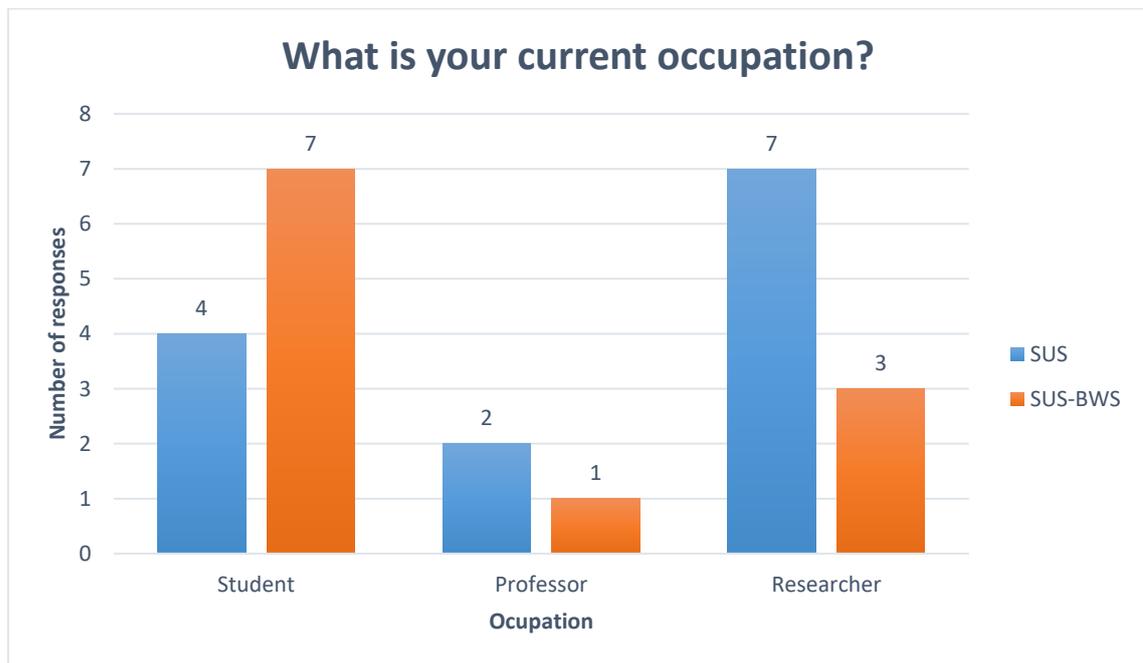


Gráfico 35 Anexo I: Respuestas a "What is your current occupation?"

De manera opcional, se preguntó a los participantes cuál es su área de especialización. Se contó con participantes especializados en Bioinformática e Ingeniería Biomédica. También se tuvieron participantes especializados en otras áreas de la Biología como la Biocuración, Biofísica, Biología Molecular, Biología Estructural, Microbiología y en otras áreas de la Informática como las Ciencias de la Computación. Se observó que varios de los participantes del formulario que contiene el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS se abstuvieron de responder a esta pregunta. Estas respuestas opcionales pueden ser observadas en el gráfico 36.

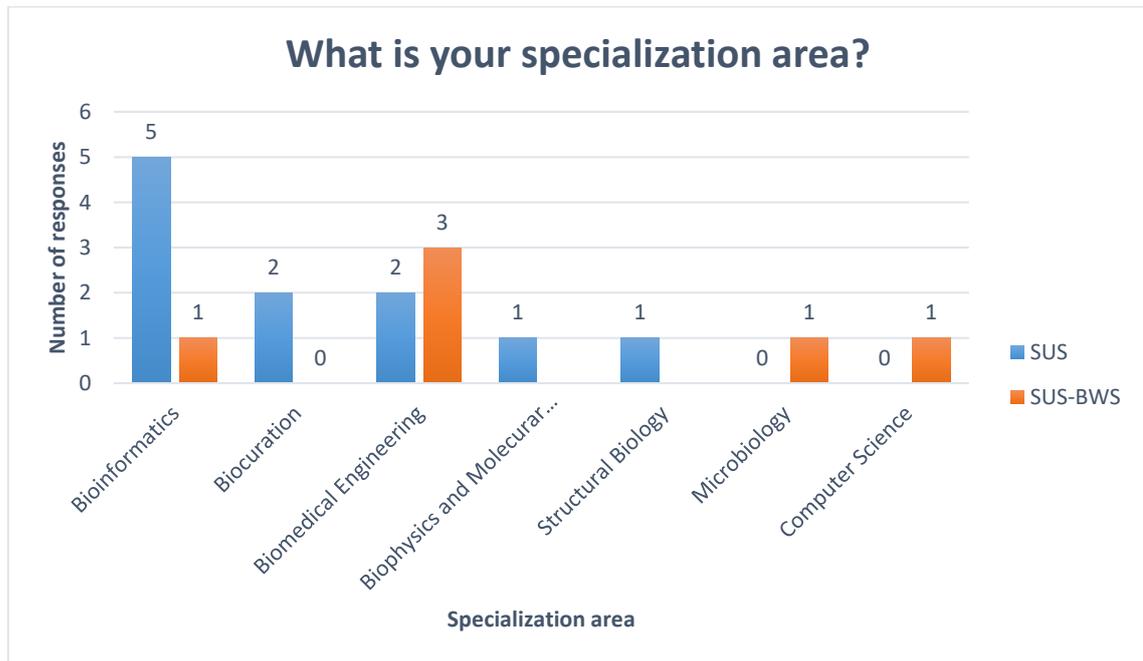


Gráfico 36 Anexo I: Respuestas a "What is your specialization area?"

Finalmente, se preguntó a los participantes si habían usado anteriormente el servicio web bioinformático evaluado. Se encontró que la mayoría de participantes en la evaluación utilizando el cuestionario SUS ya había utilizado Pfam antes. Por otro lado, la mayoría de participantes en la evaluación utilizando el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS no habían utilizado el servicio web bioinformático. Se solicitó a los participantes que antes de continuar con el formulario, tengan una experiencia utilizando el servicio. Estas respuestas pueden ser observadas en el gráfico 37.

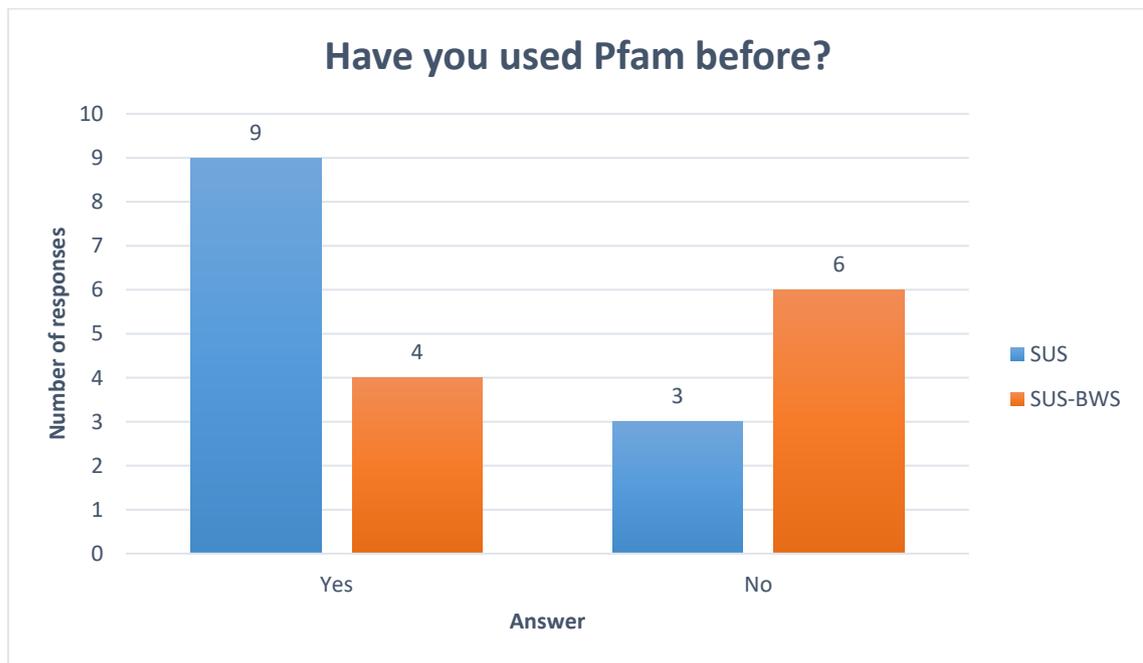


Gráfico 37 Anexo I: Respuestas a "Have you used Pfam before?"

5.2. Resultados del cuestionarios SUS (Brooke, 1996) y del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS

Los participantes de cada una de las evaluaciones respondieron a las 10 preguntas de los cuestionarios. Los resultados obtenidos por el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) se encuentran resumidos en la tabla 28. Los resultados obtenidos por el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés) se encuentran resumidos en la tabla 29.

Dado que el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS mantiene la naturaleza de las afirmaciones del cuestionario SUS, las respuestas pueden ser comparadas. Es por ello que las comparaciones de las respuestas por cada pregunta de ambos cuestionarios pueden ser observadas en los gráficos del 38 al 47.

Tabla 28 Anexo I: Resumen de resultados obtenidos del cuestionario SUS

Cuestionario SUS (Brooke, 1996)	1	2	3	4	5
1. <i>I think that I would like to use this system frequently</i>	0	2	4	3	3
2. <i>I found the system unnecessarily complex</i>	3	3	4	2	0
3. <i>I thought the system was easy to use</i>	0	2	5	2	3
4. <i>I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system</i>	3	2	6	1	0
5. <i>I found the various functions in this system were well integrated</i>	1	0	3	4	4
6. <i>I thought there was too much inconsistency in this system</i>	4	2	6	0	0
7. <i>I would imagine that most people would learn to use this system very quickly</i>	0	1	5	4	2
8. <i>I found the system very cumbersome to use</i>	3	1	7	0	1
9. <i>I felt very confident using the system</i>	0	0	5	6	1
10. <i>I needed to learn a lot of things before I could get going with this system</i>	3	1	6	1	1

Tabla 29 Anexo I: Resumen de resultados obtenidos del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS

Cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS	1	2	3	4	5
1. <i>I think that I would like to use this service frequently</i>	0	0	2	6	2
2. <i>I found the service unnecessarily complex</i>	1	3	4	1	1
3. <i>I thought the service was easy to use</i>	0	2	4	3	1
4. <i>I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service</i>	2	2	2	2	2
5. <i>I found the various functionalities in this service were well integrated</i>	0	0	3	6	1
6. <i>I thought there was too much inconsistency on the options of this service</i>	2	2	3	3	0
7. <i>I would imagine that most people would learn to use this service very quickly</i>	0	2	3	5	0
8. <i>I found the service very uncomfortable to use</i>	2	4	2	2	0
9. <i>I felt very confident using the service</i>	0	3	2	2	3
10. <i>I needed to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service</i>	0	3	2	4	1

En la primera afirmación, en ambos grupos los participantes mostraron una tendencia a estar de acuerdo con que usarían este servicio frecuentemente, como se observa en el gráfico 38. El grupo que respondió al cuestionario ajustado propuesto SUS-WBS se mostró más de acuerdo con esta afirmación frente al otro.

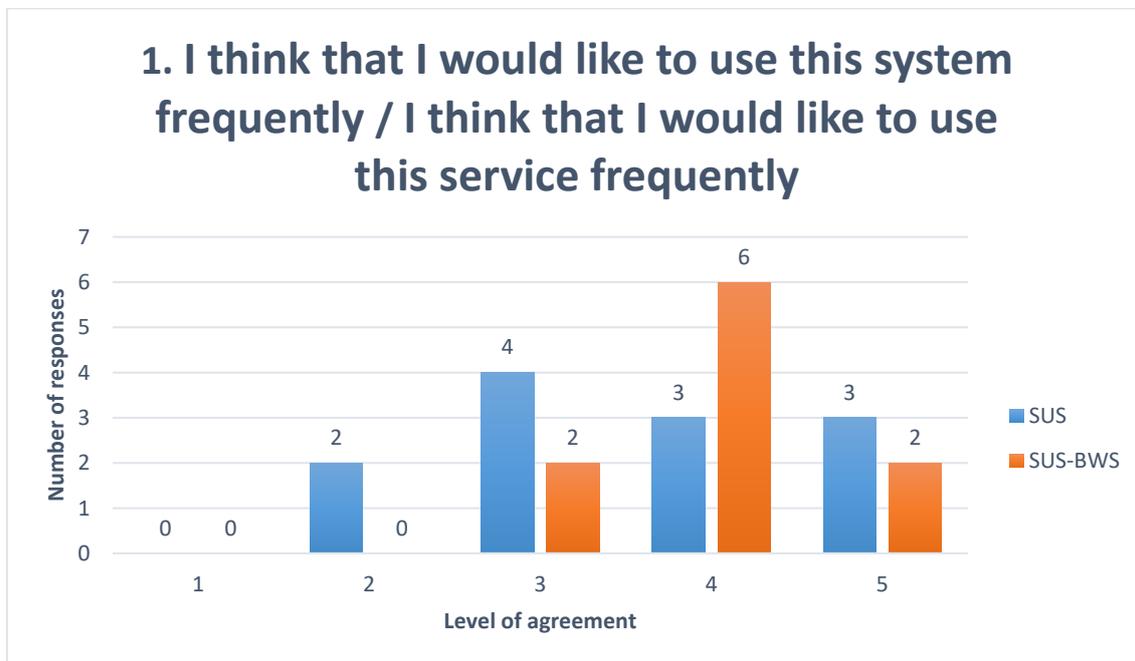


Gráfico 38 Anexo I: Respuestas a "1. I think that I would like to use this system frequently / I think that I would like to use this service frequently"

En la segunda afirmación, los participantes que respondieron el cuestionario SUS se mostraron en desacuerdo, mientras que el otro grupo de participantes mostró una tendencia neutral respecto a la afirmación, como se observa en el gráfico 39.

2. I found the system unnecessarily complex / I found the service unnecessarily complex

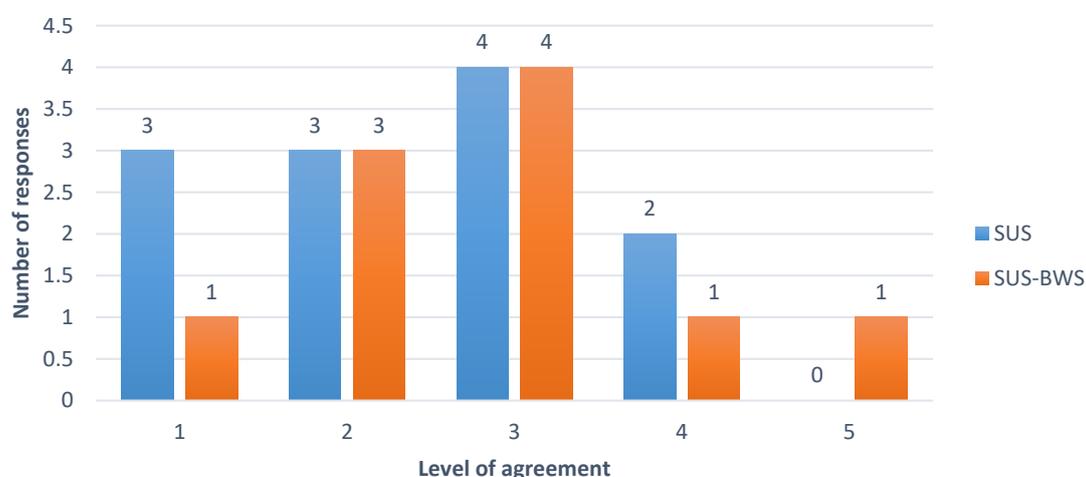


Gráfico 39 Anexo I: Respuestas a "2. I found the system unnecessarily complex / I found the service unnecessarily complex"

En la tercera afirmación, ambos grupos de participantes mostraron tendencia similar respecto a la facilidad de uso del servicio web bioinformático evaluado. Ambos grupos mostraron una ligera tendencia a estar de acuerdo con esta afirmación, como se observa en el gráfico 40.

3. I thought the system was easy to use / I thought the service was easy to use

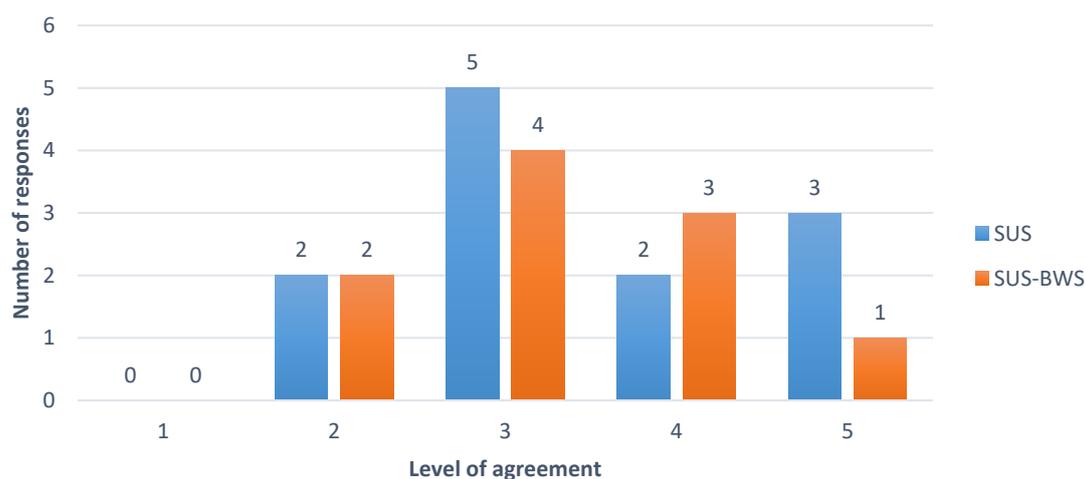


Gráfico 40 Anexo I: Respuestas a "3. I thought the system was easy to use / I thought the service was easy to use"

En la cuarta afirmación, el grupo que respondió al cuestionario SUS se mostró una tendencia a estar en desacuerdo con la afirmación. Las respuestas del segundo grupo se diferenciaron drásticamente, como se puede observar en el gráfico 41.

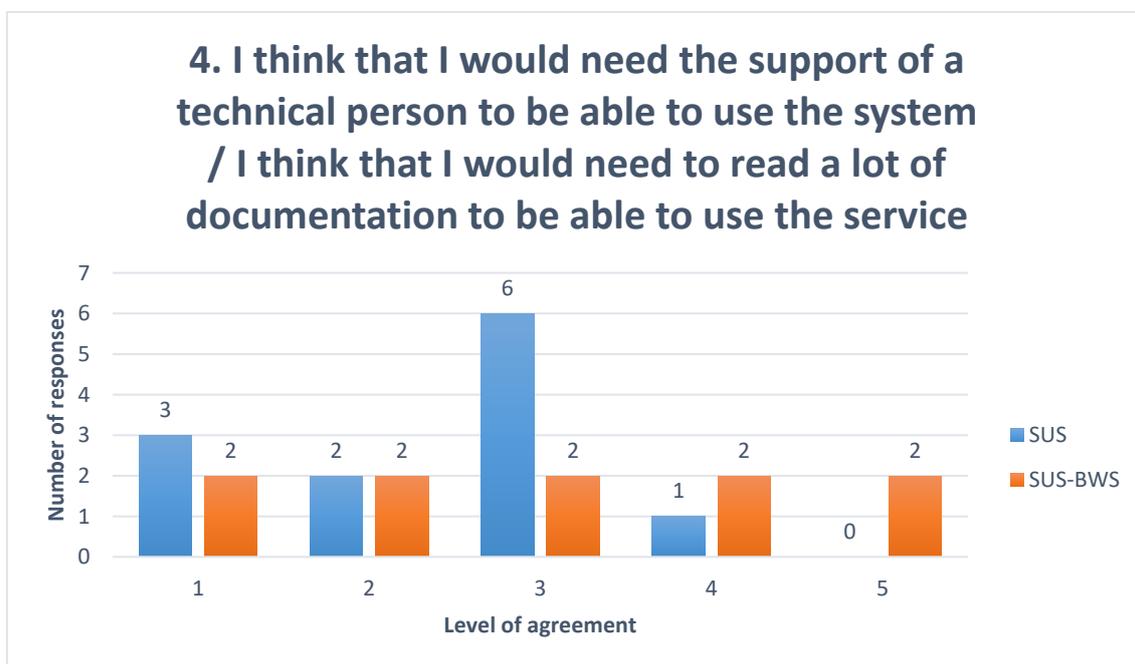


Gráfico 41 Anexo I: Respuestas a "4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system / I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service"

En la quinta afirmación, el grupo de participantes que respondió al cuestionario SUS en su mayoría se mostró total y parcialmente de acuerdo. En cambio, el otro grupo de participantes se mostró en su mayoría solo parcialmente de acuerdo con la afirmación, como se observa en el gráfico 42.

5. I found the various functions in this system were well integrated / I found the various functionalities in this service were well integrated

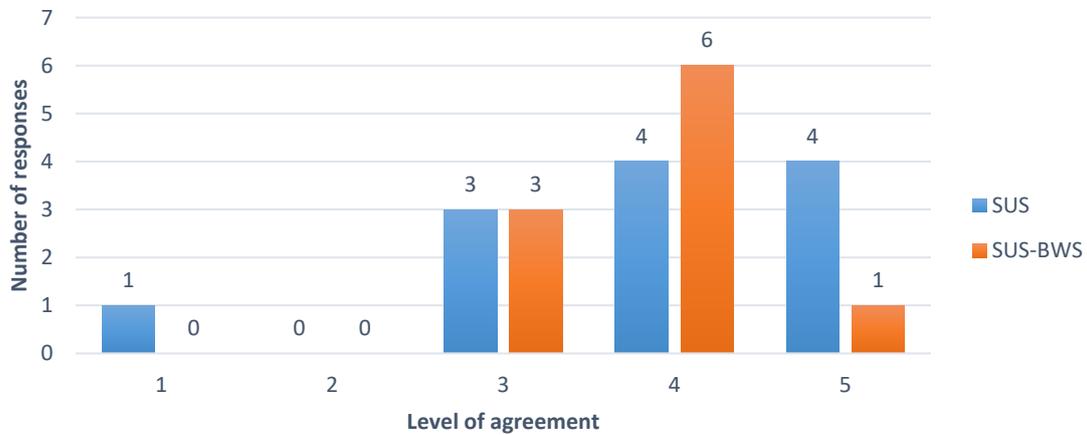


Gráfico 42 Anexo I: Respuestas a "5. I found the various functions in this system were well integrated / I found the various functionalities in this service were well integrated"

En la sexta afirmación, los participantes que respondieron al cuestionario SUS mostraron una tendencia a estar en desacuerdo. En cambio, algunos de los participantes que respondieron al cuestionario SUS-BWS estuvieron parcialmente de acuerdo con la afirmación, como se observa en el gráfico 43.

6. I thought there was too much inconsistency in this system / I thought there was too much inconsistency on the options of this service

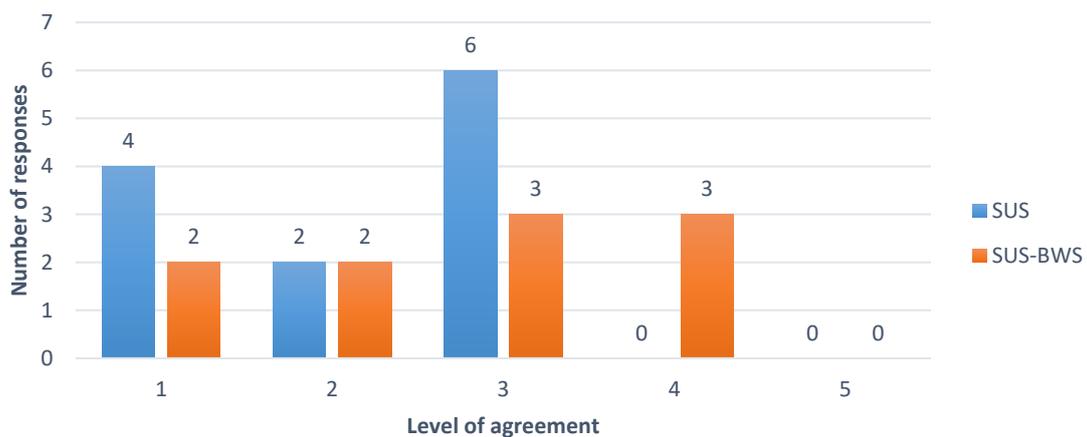


Gráfico 43 Anexo I: Respuestas a "6. I thought there was too much inconsistency in this system / I thought there was too much inconsistency on the options of this service"

En la séptima afirmación, las respuestas de los participantes fueron relativamente similares. Sin embargo, el grupo que respondió el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS se mostró en su mayoría parcialmente de acuerdo con la afirmación, como se observa en el gráfico 44.

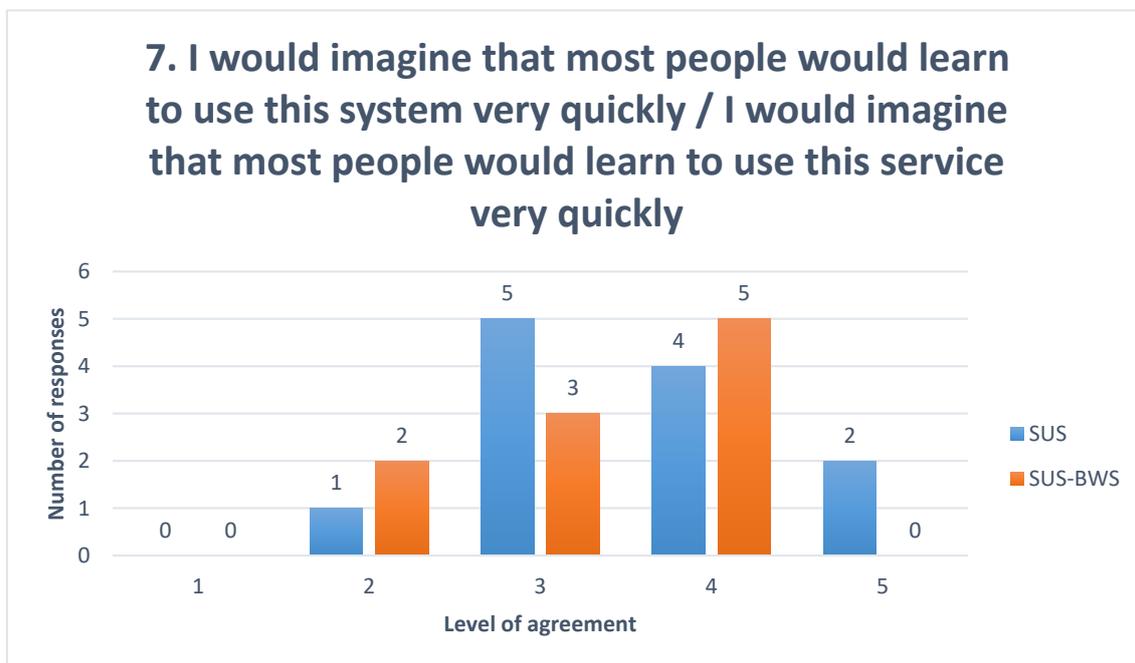


Gráfico 44 Anexo I: Respuestas a "7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly / I would imagine that most people would learn to use this service very quickly"

En la octava afirmación, la mayoría de participantes del grupo que respondió el cuestionario SUS se mostró neutral. En cambio, el otro grupo de participantes tuvo diversas respuestas, mostrando una tendencia a estar parcialmente en desacuerdo con la afirmación, como se observa en el gráfico 45.

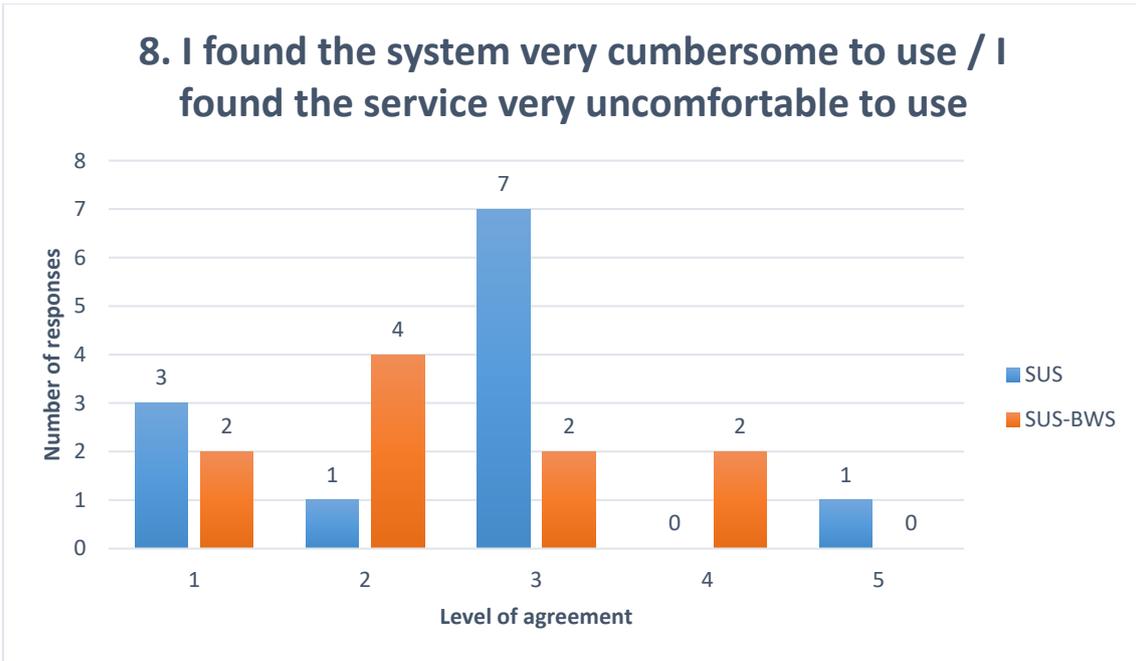


Gráfico 45 Anexo I: Respuestas a "8. I found the system very cumbersome to use / I found the service very uncomfortable to use"

En la novena afirmación, los participantes de ambos grupos tuvieron diferentes respuestas. El grupo que respondió al cuestionario SUS se mostró en su mayoría parcialmente de acuerdo con la afirmación. En cambio, el otro grupo varió entre estar parcialmente en desacuerdo y totalmente de acuerdo con la afirmación, como se observa en el gráfico 46.

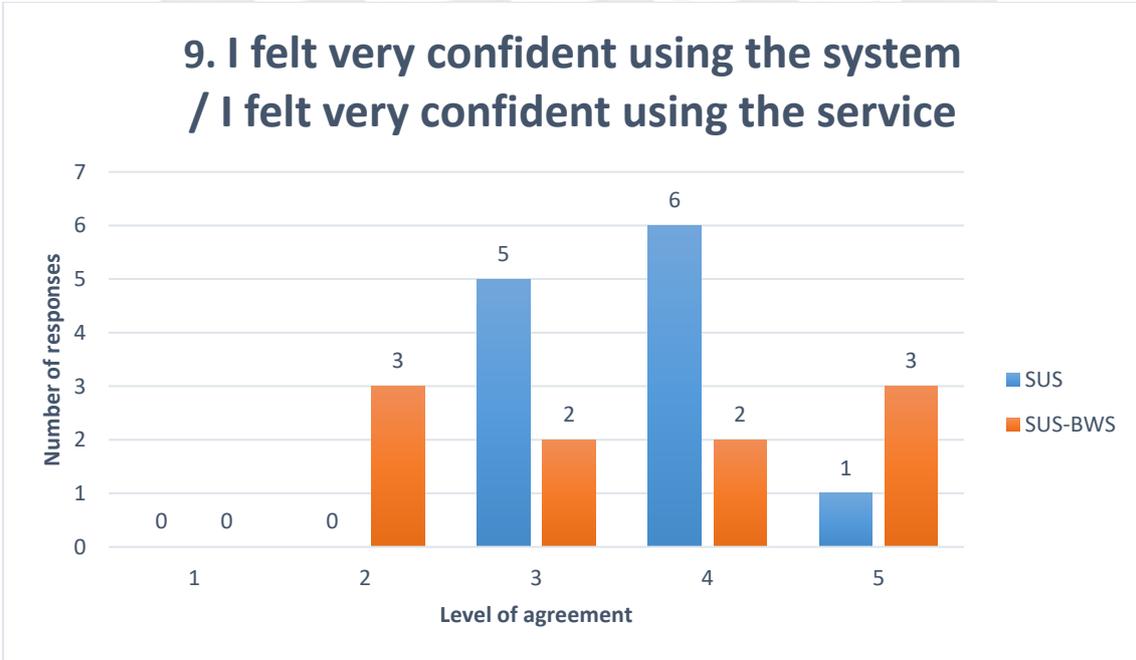


Gráfico 46 Anexo I: Respuestas a "9. I felt very confident using the system / I felt very confident using the service"

En la última afirmación, el grupo de participantes que respondió el cuestionario SUS se mostró en neutral o en desacuerdo con la afirmación. En cambio, el otro grupo se mostró una ligera tendencia a estar parcialmente de acuerdo, como se observa en el gráfico 47.

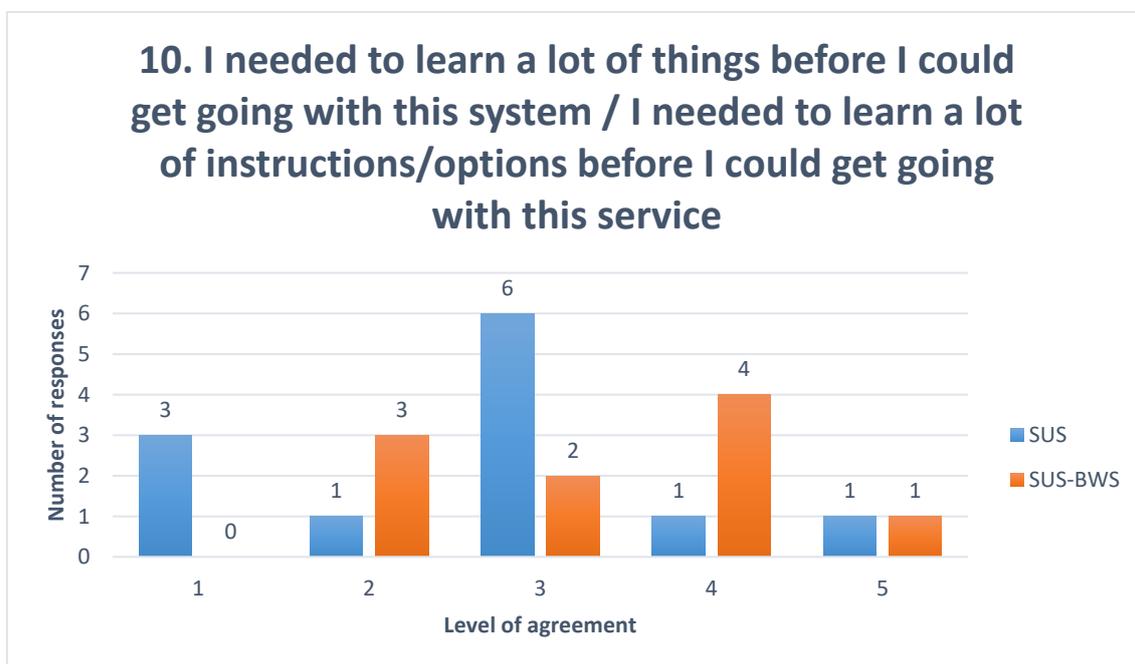


Gráfico 47 Anexo I: Respuestas a "10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system / I needed to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service"

Aplicando los criterios definidos por el autor del cuestionario SUS (Brooke, 1996), se obtuvo que el promedio de puntajes finales de las respuestas obtenidas con el cuestionario SUS es de aproximadamente 64.79 en una escala del 1 al 100. Asimismo, aplicando los mismos criterios sobre las respuestas obtenidas con el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS se obtuvo un puntaje promedio de 59.25. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 48.

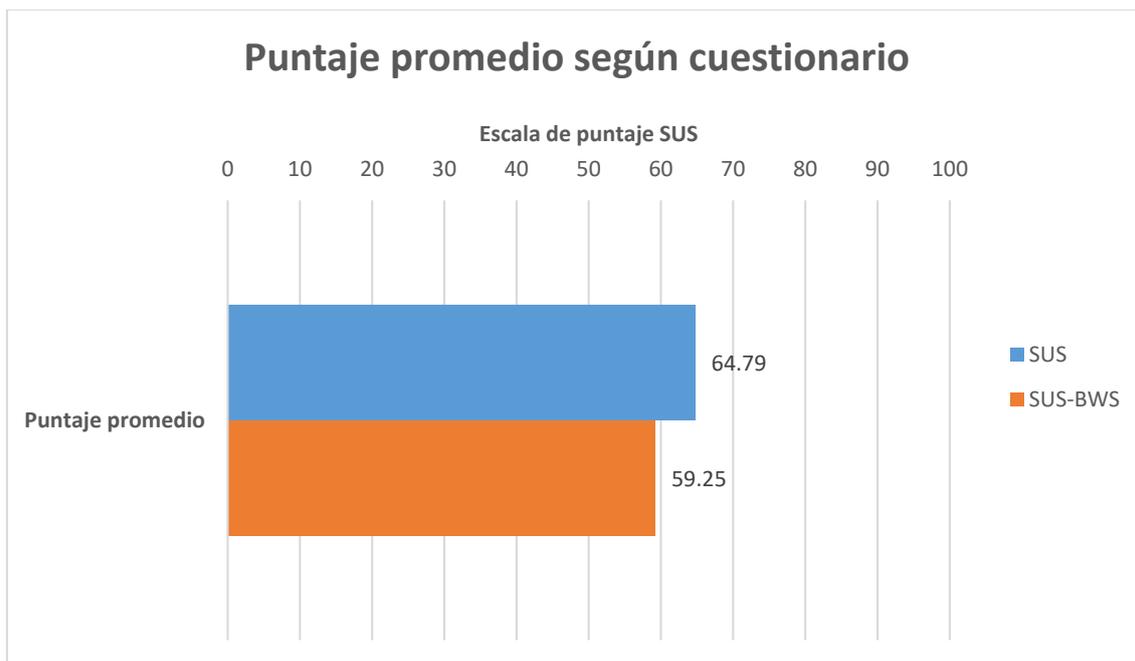


Gráfico 48 Anexo I: Puntaje promedio final según cuestionario aplicado

Asimismo, en la tabla 30 se muestra la comparación de la interpretación de los puntajes SUS promedio obtenidos en cada cuestionario en base a las categorías definidas por Sauro (Sauro, 2018).

Tabla 30 Anexo I: Comparación de la interpretación de los puntajes SUS promedio obtenidos en cada cuestionario en base a las categorías definidas por Sauro (Sauro, 2018)

Categoría	SUS	SUS-BWS
Puntaje promedio	64.79	59.25
Calificación	C-	D
Rango Percentil	35 - 40	15 - 34
Adjetivo	Bueno - OK	OK
Admisibilidad	Neutral	Neutral
NPS	Pasivo	Detractor

5.3. Resultados de la encuesta de opinión a usuarios de servicios web bioinformáticos sobre precisión de cuestionarios

Para comparar la precisión de los instrumentos utilizados en las evaluaciones de usabilidad se realizó una encuesta de opinión en la que participaron 16 usuarios de servicios web bioinformáticos.

A continuación, se presentan los datos demográficos de los participantes. Se preguntó a los usuarios el rango de edad al que pertenecen. Se obtuvo que el 12.5% tiene menos de 20 años, el 56.2% tiene entre 20 y 29 años, el 12.5% tiene entre 30 y 39 años y el 18.8% restante tiene entre 40 y 49 años. Estos resultados se pueden observar en el gráfico 49.

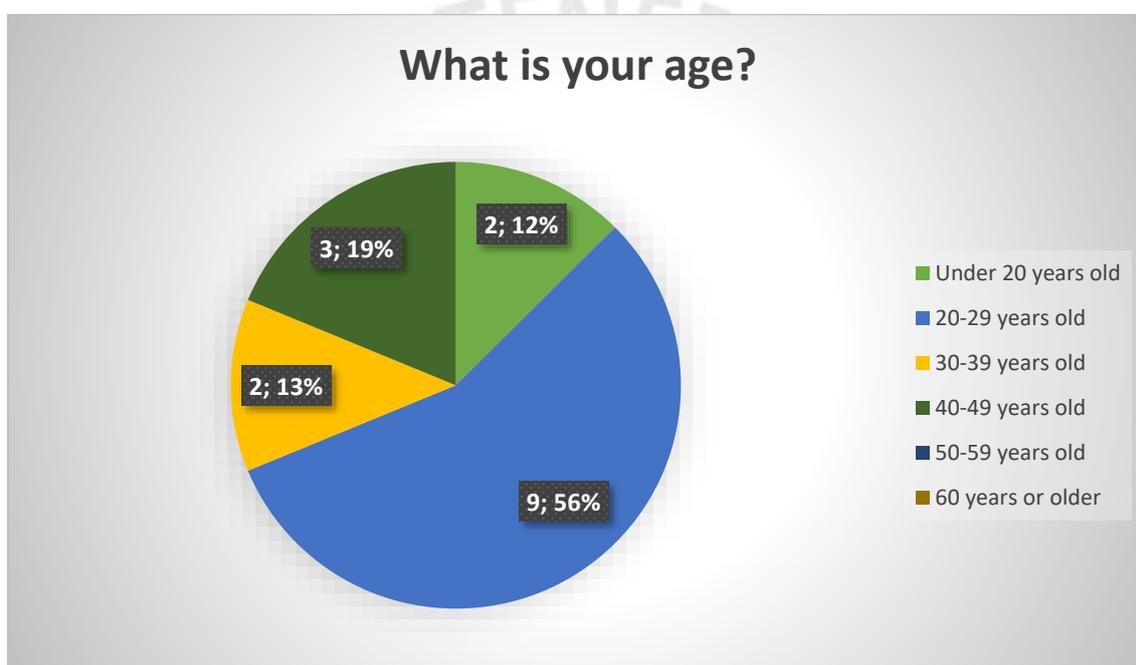


Gráfico 49 Anexo I: Respuestas a la pregunta "What is your age?" - Encuesta

Se preguntó a los participantes el país en el que nacieron. Se obtuvo que el 62.5% nació en Perú, el 12.5% nació en Argentina, el 6.25% nació en Ecuador, el 6.25% nació en Bélgica, el 6.25% nació en España y el 6.25% restante nació en Estados Unidos. Estos resultados se pueden observar en el gráfico 50.

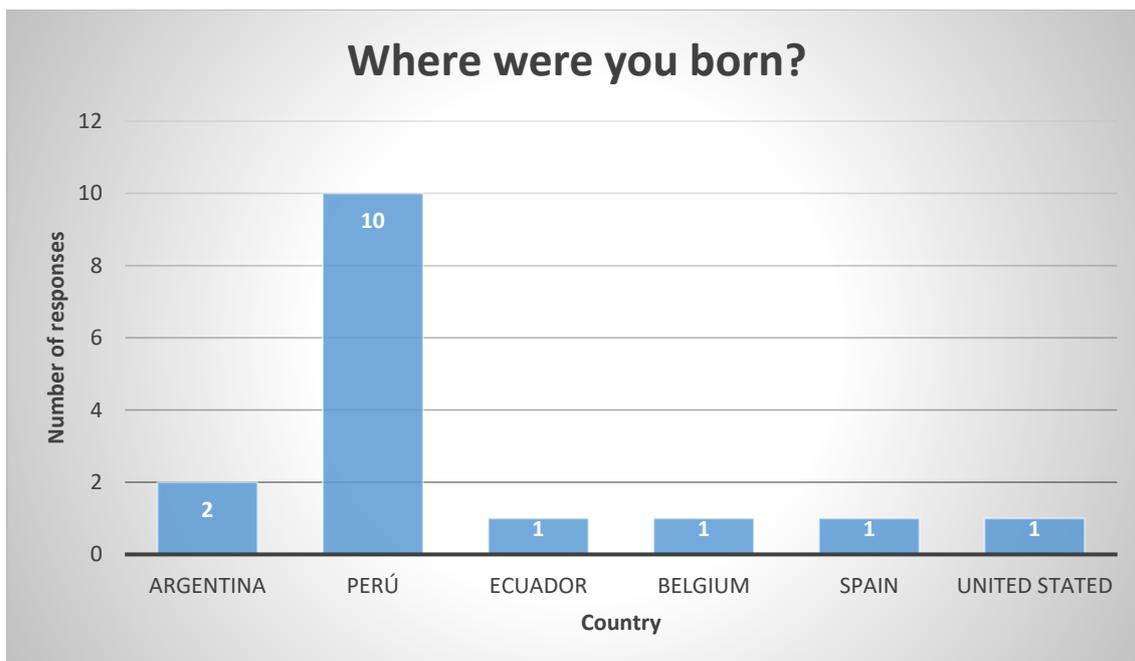


Gráfico 50 Anexo I: Respuestas a la pregunta "Where were you born?" - Encuesta

Se preguntó a los participantes cuál es su ocupación actual, con la posibilidad de marcar más de una respuesta. Se encontró que el 81.3% de los participantes son estudiantes. Además, 37.5% de los participantes son investigadores mientras y el 12.5% de los participantes son profesores. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 51.

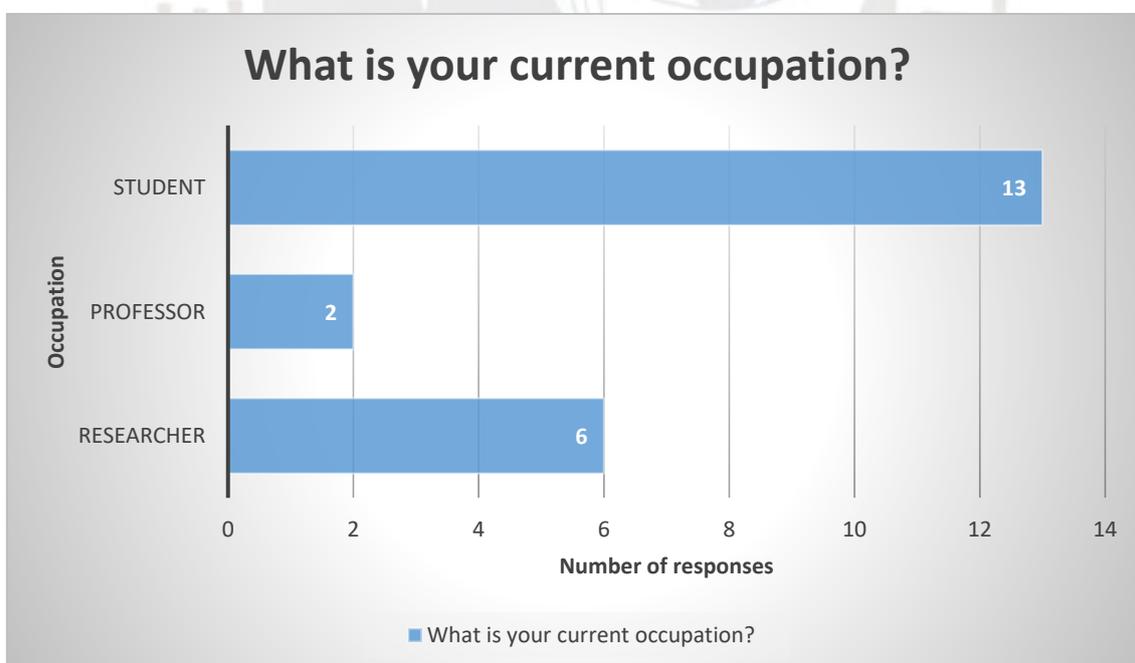


Gráfico 51 Anexo I: Respuestas a la pregunta "What is your current occupation?" - Encuesta

De manera opcional, se preguntó a los participantes cuál es su área de especialización. Se encontró que la mayoría se especializa en Bioinformática. Además, algunos

participantes se especializan en Biología, Ingeniería Biomédica, Ciencias de la Computación, entre otros. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 52.

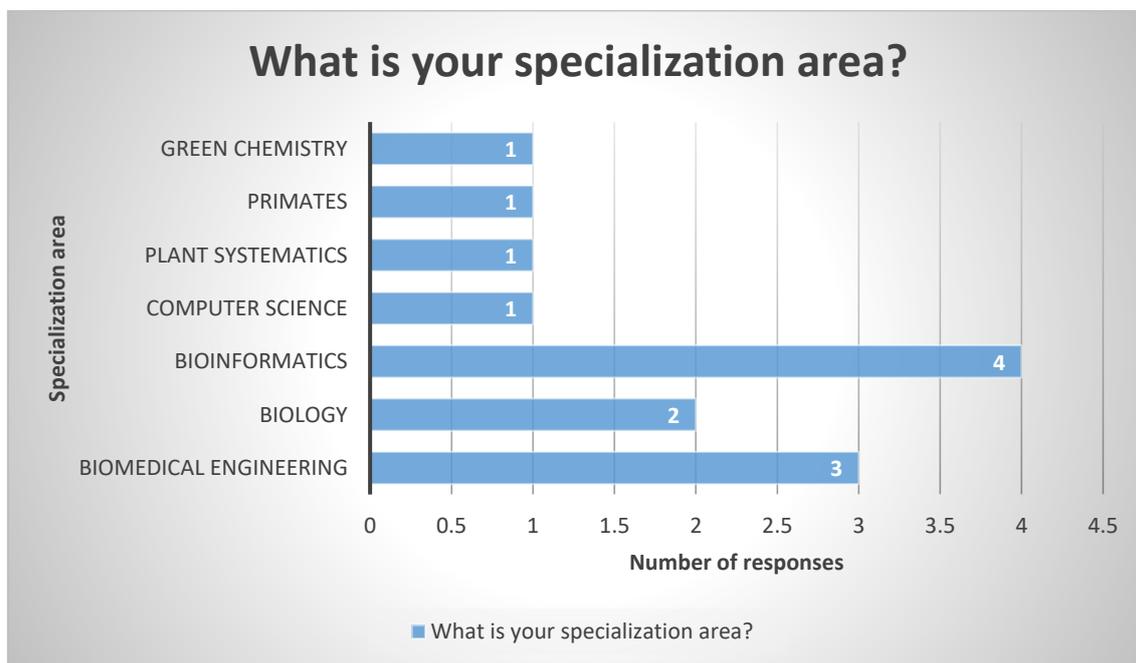


Gráfico 52 Anexo I: Respuestas a la pregunta "What is your specialization area?" - Encuesta

Para dar inicio a la encuesta de opinión, se preguntó a los usuarios si habían participado anteriormente de las evaluaciones de usabilidad realizadas a la interfaz del servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019) que son parte de este proyecto de fin de carrera. Se encontró que el 37.5% de los participantes habían participado en alguna de las evaluaciones realizadas mientras que el 62.5% restante no. SUS-BWS. Estos resultados pueden ser observados en el gráfico 53.

Have you participated on a usability evaluation as part of the research "Usability on Bioinformatics Web Services"?

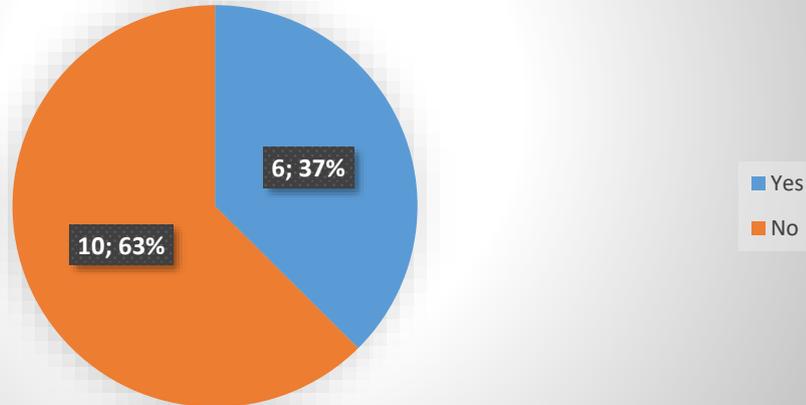


Gráfico 53 Anexo I: Respuestas a "Have you participated on a usability evaluation as part of the research "Usability on Bioinformatics Web Services?" - Encuesta

Finalmente, se presentaron los diez escenarios de usabilidad analizados en los cuestionarios utilizados en las evaluaciones de usabilidad anteriores. Los usuarios escogieron para cada escenario de usabilidad, la afirmación que consideran más precisa en el contexto de los servicios web bioinformáticos. Esta afirmación puede ser la presentada por el cuestionario SUS (Brooke, 1996) o la propuesta en el cuestionario ajustado SUS-BWS. Asimismo, los participantes pueden responder que ambas afirmaciones son igual de precisas para evaluar servicios web bioinformáticos. La tabla 31 presenta el resumen de las respuestas obtenidas.

Tabla 31 Anexo I: Respuestas sobre qué afirmaciones de los instrumentos de usabilidad utilizados son más precisas en servicios web bioinformáticos por cada escenario evaluado

Escenario de usabilidad en servicios web bioinformáticos	SUS (<i>System Usability Scale</i>) (Brooke, 1996)	SUS-BWS (<i>System Usability Scale for Bioinformatics Web Services</i>)	Ambas afirmaciones son precisas para el escenario
<i>To refer how much a user enjoys using a bioinformatics web service</i>	5	8	3
<i>To refer how difficult is to understand a bioinformatics web service for a user</i>	5	7	4
<i>To refer how easy to use is a bioinformatics web service for a user</i>	9	4	3
<i>To refer how much help does a bioinformatics web service user needs</i>	5	7	4
<i>To refer how well is the structure of a bioinformatics web service for a user</i>	4	8	4
<i>To refer how many problems has encountered a user on a bioinformatics web service</i>	4	5	7
<i>To refer how easy to learn is a bioinformatics web service for a user</i>	6	8	2
<i>To refer how awkward is a bioinformatics web service for a user</i>	6	8	2
<i>To refer how sure a bioinformatics web service user feels</i>	6	6	4
<i>To refer how much stuff to understand how to use a bioinformatics web service does a user needs to learn</i>	5	10	1

De los resultados se observa que, en casi todos los escenarios, los participantes eligieron como más precisas las afirmaciones pertenecientes al cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS. Este hecho es importante para realizar una conclusión concisa respecto a la precisión de los instrumentos en servicios web bioinformáticos.

6. Discusión

En esta sección se realizará una discusión respecto a la diferencia entre los resultados obtenidos en las evaluaciones utilizando el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) y el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés).

En primer lugar, se reconoce que la información demográfica de los participantes es diferente en cada uno de los grupos. Por ejemplo, los participantes que respondieron el cuestionario SUS son en su mayoría investigadores entre 30 y 39 años aproximadamente. En cambio, los participantes que respondieron el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS son en su mayoría estudiantes con menos de 20 años. Sin embargo, tuvo participación de personas que han nacido en el continente europeo y americano, por lo que se mantiene la diversidad dentro de los participantes de cada grupo. A todos los participantes se les especificó que deben contar con una experiencia con el servicio web bioinformático previa a la sección del cuestionario de evaluación. Es por ello que se puede asumir que los usuarios han respondido a ambos cuestionarios basados en su propia experiencia real.

En la mayoría de preguntas en donde el único ajuste propuesto ha sido el cambio de la palabra *system* por *service* las respuestas han sido similares. Esto ha ocurrido en la primera afirmación "*I think that I would like to use this system frequently / I think that I would like to use this service frequently*", la segunda afirmación "*I found the system unnecessarily complex / I found the service unnecessarily complex*", la tercera afirmación "*I thought the system was easy to use / I thought the service was easy to use*" y la séptima afirmación "*I would imagine that most people would learn to use this system very quickly / I would imagine that most people would learn to use this service very quickly*".

En la cuarta afirmación "*I think that I would need the support of a technical person to be able to use the system / I think that I would need to read a lot of documentation to be able to use the service*", al contextualizar la necesidad de ayuda de una persona técnica cambiándolo por la necesidad de leer mucha documentación en el ámbito de servicios web bioinformáticos, las respuestas del grupo que respondió al cuestionario SUS-BWS diferenciaron mucho de las respuestas del grupo que respondió al cuestionario SUS. Se

tuvieron diversas opiniones respecto a la necesidad de leer documentación para poder utilizar el servicio web bioinformático.

En la quinta afirmación, "*I found the various functions in this system were well integrated / I found the various functionalities in this service were well integrated*", la variación fue ligera, puesto que la palabra función fue cambiada por funcionalidad para enfocarla a servicios web bioinformáticos, pero en su mayoría, los participantes han interpretado estas palabras de la misma manera.

En la sexta afirmación, "*I thought there was too much inconsistency in this system / I thought there was too much inconsistency on the options of this service*", al especificar que las inconsistencias son respecto a las opciones del servicio y no sobre la información que brinda, se encontró que los participantes que respondieron al cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS se mostró parcialmente de acuerdo con la afirmación, a diferencia del otro grupo.

En la octava afirmación, "*I found the system very cumbersome to use / I found the service very uncomfortable to use*", el grupo que respondió al cuestionario SUS-BWS estuvo parcialmente de acuerdo con la afirmación. En cambio, el grupo que respondió al cuestionario SUS mostró una opinión neutral. Se cree que esto ocurre debido a que *uncomfortable* se entiende mejor que *cumbersome*, a pesar de ser sinónimos.

En la novena afirmación, "*I felt very confident using the system / I felt very confident using the service*", a pesar que solo se modificó únicamente la palabra *system* o *service*, se encontró una diferencia significativa entre las respuestas del grupo que respondió el cuestionario SUS y el grupo que respondió el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS. Esto se explica debido a que la mayoría que respondió el cuestionario ajustado propuesto son estudiantes menores de 20 años por lo que podrían sentirse más inseguros al utilizar el servicio web bioinformático, a diferencia del otro grupo en donde la mayoría de participantes son investigadores entre 30 y 39 años.

En la décima y última afirmación, "*I needed to learn a lot of things before I could get going with this system / I needed to learn a lot of instructions/options before I could get going with this service*", al especificar que lo que se requiere aprender son temas netamente relacionados a la interfaz y estructura del servicio web bioinformático se obtuvo que la mayoría de los participantes que respondieron el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS se mostró parcialmente de acuerdo. Esto se explica debido a que el término *things* utilizado en el cuestionario SUS podría entenderse con conceptos relacionados a la información que brinda el servicio web bioinformático, como lo son las familias de proteínas en el caso de Pfam (El-Gebali et al., 2019).

Asimismo, el puntaje promedio SUS obtenido por medio del cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS fue significativamente menor al puntaje promedio SUS obtenido por medio del cuestionario SUS, tomando como referencia a la clasificación por categorías definidas por Sauro (Sauro, 2018).

Finalmente, diversos usuarios de servicios web bioinformáticos fueron encuestados para obtener información sobre la precisión de los instrumentos de usabilidad utilizados. Los participantes escogieron, por cada escenario de usabilidad evaluado, las afirmaciones de cada cuestionario utilizado que consideren sea más preciso para evaluar servicios web bioinformáticos. En casi todos los escenarios, los usuarios mayoritariamente seleccionaron las afirmaciones de cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS como las más precisas para este tipo de servicios. La única excepción fue en la tercera afirmación en la que el único ajuste realizado fue el reemplazo de la palabra “*system*” por el término “*service*”. Por ello, este resultado inesperado no resulta relevante para esta encuesta.

7. Conclusiones

Por todo lo expuesto en la sección anterior, se puede afirmar que el factor principal de la variación de puntaje promedio obtenido utilizando el cuestionario ajustado propuesto SUS-WBS frente al puntaje promedio obtenido utilizando el cuestionario original propuesto por Brooke es el ajuste realizado al cuestionario para enfocarlo a servicios web bioinformáticos.

Además, partiendo de los pocos trabajos⁵⁰ realizados y a las necesidades respecto a usabilidad en servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009), se puede tener como hipótesis que el nivel de usabilidad en el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019) no es alto. Es por ello que al utilizar el cuestionario ajustado propuesto SUS-WBS se obtuvo un resultado más cercano a la realidad del que se obtuvo con el cuestionario SUS (Brooke, 1996). Asimismo, esta conclusión queda respaldada en los resultados de la encuesta de opinión realizada a diversos usuarios de servicios web bioinformáticos.

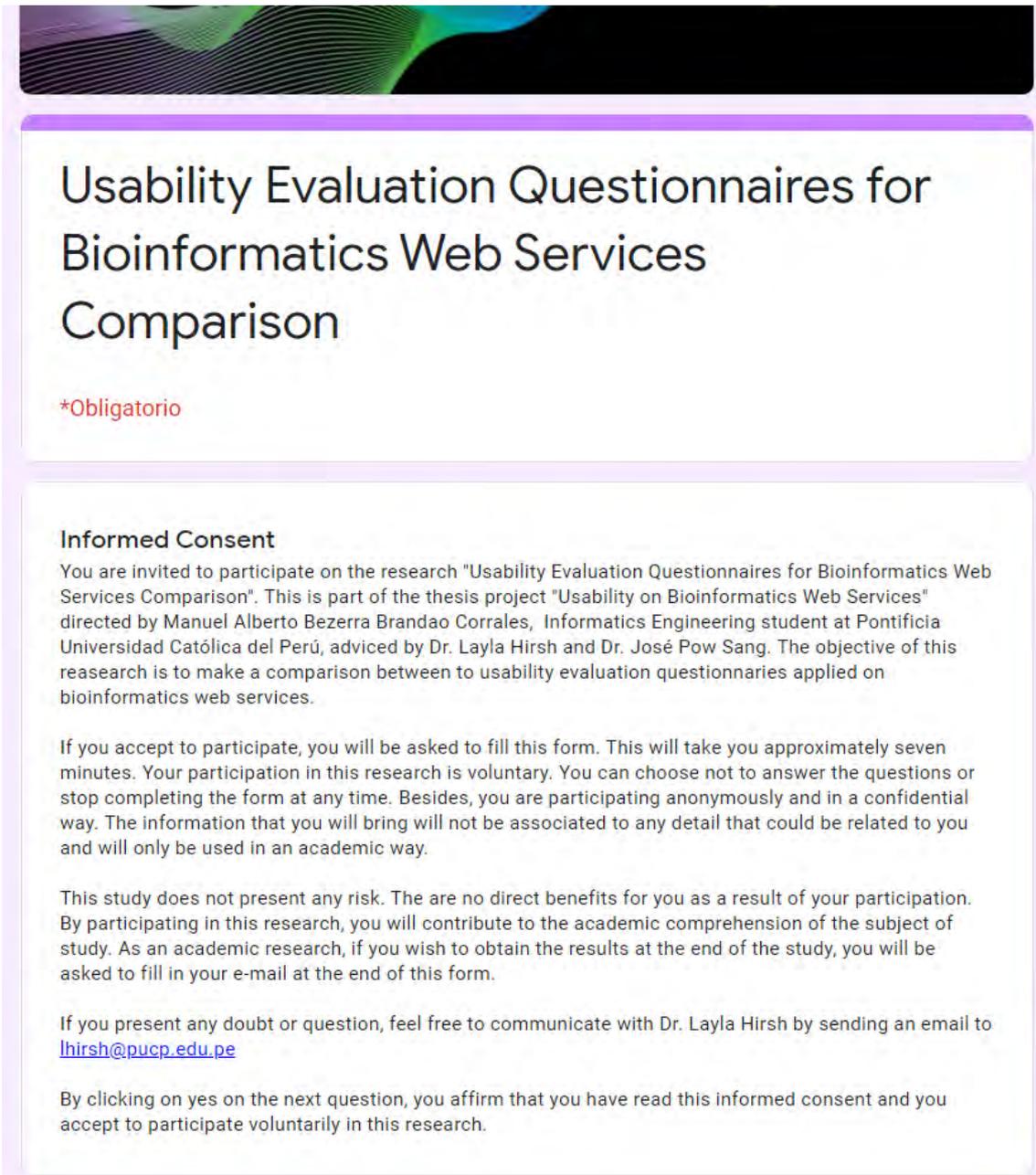
Finalmente, de ambas evaluaciones se concluye que se podría realizar una actualización a la interfaz de Pfam (El-Gebali et al., 2019) en el que sea considerado

⁵⁰ Según el estado del arte elaborado por medio de una revisión de literatura en el capítulo 3 del documento de tesis.

aspectos relacionados a la usabilidad de esta. Para esto se podría seguir alguna propuesta de lineamientos de diseño de interfaces en servicios web bioinformáticos.

8. Apéndices

8.1. Capturas de pantalla de la encuesta elaborada en Google Forms



The screenshot shows a Google Form with a decorative header featuring colorful, wavy lines. The main title of the form is "Usability Evaluation Questionnaires for Bioinformatics Web Services Comparison". Below the title, there is a red asterisk followed by the word "Obligatorio". The form contains an "Informed Consent" section with the following text:

Informed Consent

You are invited to participate on the research "Usability Evaluation Questionnaires for Bioinformatics Web Services Comparison". This is part of the thesis project "Usability on Bioinformatics Web Services" directed by Manuel Alberto Bezerra Brandao Corrales, Informatics Engineering student at Pontificia Universidad Católica del Perú, advised by Dr. Layla Hirsh and Dr. José Pow Sang. The objective of this research is to make a comparison between to usability evaluation questionnaires applied on bioinformatics web services.

If you accept to participate, you will be asked to fill this form. This will take you approximately seven minutes. Your participation in this research is voluntary. You can choose not to answer the questions or stop completing the form at any time. Besides, you are participating anonymously and in a confidential way. The information that you will bring will not be associated to any detail that could be related to you and will only be used in an academic way.

This study does not present any risk. There are no direct benefits for you as a result of your participation. By participating in this research, you will contribute to the academic comprehension of the subject of study. As an academic research, if you wish to obtain the results at the end of the study, you will be asked to fill in your e-mail at the end of this form.

If you present any doubt or question, feel free to communicate with Dr. Layla Hirsh by sending an email to lhirsh@pucp.edu.pe

By clicking on yes on the next question, you affirm that you have read this informed consent and you accept to participate voluntarily in this research.

Figura 58 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Consentimiento informado

Do you accept to participate in this research? *

Yes

No

[Siguiente](#)

Figura 59 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Confirmación de consentimiento

What is your current occupation? *

Researcher

Professor

Student

Otro: _____

What is your specialization area?

This is an optional question

Tu respuesta _____

Figura 60 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Información de participantes

Have you participated on a usability evaluation as part of the research "Usability on Bioinformatics Web Services"? *

Yes

No

Figura 61 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Participación en evaluaciones previas

Questionnaires Comparison

You will be presented 10 usability scenarios on bioinformatics web services. For every scenario, please select the option that you consider represents the best evaluation statement. These statements are ment to be answered with the level of agreement of bioinformatics web services users.

To refer to how much a user enjoys using a bioinformatics web service *

- "I think that I would like to use this SYSTEM frequently".
- "I think that I would like to use this SERVICE frequently".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

To refer how difficult is to understand a bioinformatics web service for a user *

- "I found the SYSTEM unnecessarily complex".
- "I found the SERVICE unnecessarily complex".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

Figura 62 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 1

To refer how easy to use is a bioinformatics web service for a user *

- "I thought the SYSTEM was easy to use".
- "I thought the SERVICE was easy to use".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

To refer how much help does a bioinformatics web service user needs *

- "I think that I would need THE SUPPORT OF A TECHNICAL PERSON to be able to use the SYSTEM".
- "I think that I would need TO READ A LOT OF DOCUMENTATION to be able to use this SERVICE".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

Figura 63 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 2

To refer how well is the structure of a bioinformatics web service for a user *

- "I found the various FUNCTIONS in this SYSTEM were well integrated".
- "I found the various FUNCTIONALITIES in this SERVICE were well integrated".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

To refer how many problems has encountered a user on a bioinformatics web service *

- "I thought there was too much inconsistency in this SYSTEM".
- "I thought there was too much inconsistency ON THE OPTIONS in this SERVICE".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

Figura 64 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 3

To refer how easy to learn is a bioinformatics web service for a user *

- "I would imagine that most people would learn to use this SYSTEM very quickly".
- "I would imagine that most people would learn to use this SERVICE very quickly".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

To refer how akward is a bioinformatics web service for a user. *

- "I found the SYSTEM very CUMBERSONME to use".
- "I found the SERVICE very UNCOMFORTABLE to use".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

Figura 65 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 4

To refer how sure a bioinformatics web services user feels *

- "I felt very confident using the SYSTEM".
- "I felt very confident using the SERVICE".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

To refer how much stuff to understand how to use a bioinformatics web service does a user needs to learn *

- "I need to learn a lot of THINGS before I could get going with this SYSTEM".
- "I need to learn a lot of INSTRUCTIONS/OPTIONS before I could get going with this SERVICE".
- It is indifferent which of the presented statements is used for this scenario.

Figura 66 Anexo I: Captura de cuestionario de opinión - Comparación parte 5

8.2. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad

10/28/2020

Correo de Pontificia Universidad Católica del Perú - Acta de aceptación de documento



Manuel A. Bezerra Brandao Corrales <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Acta de aceptación de documento

1 mensaje

Jose Antonio Pow Sang Portillo <japowsang@pucp.pe>
Para: "Manuel A. Bezerra Brandao Corrales" <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>
Cc: Layla Hirsh Martinez <lhirsh@pucp.edu.pe>

27 de octubre de 2020, 13:44

Nombre del documento: Reporte de comparación de los resultados obtenidos con el método para realizar pruebas de usabilidad seleccionado con los resultados obtenidos con el método e instrumento ajustado para realizar pruebas de usabilidad enfocado a servicios web bioinformáticos

Descripción del documento: Documento que contiene una comparación descriptiva de los resultados obtenidos con el método e instrumento seleccionados para realizar pruebas de usabilidad, evaluación remota con usuarios mediante cuestionarios utilizando el instrumento SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) propuesto por Brooke en 1996, y los resultados obtenidos utilizando el instrumento ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés). Consta de una descripción de los métodos, instrumentos y herramientas utilizadas, la presentación de la comparación de los datos demográficos de los participantes y de los resultados obtenidos en cada evaluación. Finalmente, se cierra con una discusión y una conclusión respecto a la comparación.

Mediante la presente acta, yo José Antonio Pow Sang Portillo dejo constancia de que se ha revisado por medio de juicio experto el documento, descrito en los puntos anteriores, perteneciente al proyecto de tesis Usabilidad en servicios web bioinformáticos. Adicionalmente, en el siguiente cuadro se describen las observaciones que se podrían levantar para mejorar el documento.

Veredicto:

Aceptado Requiere levantar algunas observaciones

Observaciones:

Sugiero hacer un análisis estadístico sobre diferencias de medias por ítem del cuestionario

Lima, 27 de octubre de 2020

Dr. José Antonio Pow-Sang P.
Profesor Principal | Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado
Director de la Maestría en Informática
japowsang@pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
+51-1-626-2000 Ext. 5111
<http://www.pucp.edu.pe/jose-pow-sang-portillo/>



Senior Member
jose.powsang.pe@ieee.org



<https://mail.google.com/mail/u/1?ik=cb827a0fd5&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1681731653273864442&siml=msg-f%3A16817316...> 1/1

Anexo J: Definición de instrumentos de usabilidad en servicios web bioinformáticos

Este anexo contiene el documento con la definición de instrumentos de usabilidad en servicios web bioinformáticos. Este documento contiene la especificación de entrevistas realizadas a diferentes usuarios de servicios web bioinformáticos, la clasificación de estos usuarios y un Perfil de usuario (*User Persona*) junto a un Mapa de empatía (*Empathy Map*) por cada una de las categorías propuestas.

1. Introducción

En este documento se presenta la identificación de necesidades de los usuarios bioinformáticos respecto a los servicios web utilizados en el área. Para esto, mediante una serie de entrevistas a algunos de estos usuarios se plasmas sus necesidades en Perfiles de usuario, también conocido como *User Personas* (Affairs, 2013) y en Mapas de empatía (en inglés, *Empathy Maps*) (Ferreira et al., 2015).

2. Entrevistas con usuarios de servicios web bioinformáticos

Se realizaron una serie de entrevistas a usuarios de servicios web bioinformáticos ubicados en el continente europeo. Las entrevistas se realizaron en la plataforma de videoconferencias Zoom (Archibald et al., 2019). Para estas se contó con una guía de preguntas realizada en base la información brindada sobre Perfiles de usuarios (*User Personas*) por la Administración de Servicios Generales (*General Services Administration*, en inglés) de los Estados Unidos (Affairs, 2013) y la publicación *Designing Personas with Empathy Map* elaborada por el Instituto de Computación de la Universidad Federal de Amazonas, ubicada en Brasil (Ferreira et al., 2015). Esta guía se describe a continuación.

Para iniciar la entrevista, se presenta al participante de manera oral el consentimiento informado para la investigación⁵¹. Este se encuentra detallado en el primer apéndice a este documento⁵². Luego de que el participante acepte el consentimiento informado, se procede capturar el audio de la conferencia y comenzar con las preguntas propuestas.

⁵¹ Tomando como referencia el Protocolo de consentimiento informado para participantes del Comité de ética para la investigación con seres humanos y animales del Vicerrectorado de Investigación PUCP <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/3614.pdf>

⁵² Ubicado en la sección 6.1 Consentimiento informado para entrevistas de este documento.

Se han planteado quince preguntas con la finalidad de conocer al usuario, sus experiencias, necesidades, opiniones y deseos respecto a los servicios web bioinformáticos. En caso haya sido necesario, se ha acotado que las preguntas pueden ser respondidas en base a los servicios web bioinformáticos ofrecidos por el Instituto Europeo de Bioinformática perteneciente al Laboratorio Europeo de Biología Molecular (EMBL-EBI, *European Molecular Biology Laboratory - European Bioinformatics Institute* por sus siglas en inglés), específicamente el servicio Pfam (El-Gebali et al., 2019).

1. *How old are you?*
2. *What is your gender?*
3. *What is the highest level of education you have received?*
4. *What is your specialization area?*
5. *What is your professional background?*
6. *What technological devices do you use the most?*
7. *What software and/or applications do you use the most?*
8. *What are your daily motivations?*
9. *Why do you use bioinformatics web services?*
10. *What are you looking for when you use a bioinformatics web service?*
11. *When you use a bioinformatics web service, for what do you use it?*
12. *Which are the principal problems that you have encountered when using a bioinformatics web service?*
13. *What is your opinion about bioinformatics web services?*
14. *What do you think that are the opinions of your colleges about bioinformatics web services?*
15. *How do you imagine that bioinformatics web services would be in the future?*

A través de las entrevistas, se identificó que las percepciones y necesidades están relacionadas directamente con la formación académica, con la edad y con el tiempo de uso de este tipo de servicios. Por ello, se propone una clasificación de los usuarios en base a su experiencia en el área de Bioinformática.

1. **Nivel básico:** Personas entre 20 y 30 años que no tienen muchos años de experiencia en el área, presentan un primer acercamiento con este tipo de herramientas y que aún no cuentan con algún título de posgrado completo.
2. **Nivel intermedio:** Personas entre 30 y 40 años que tienen una trayectoria dentro del área, presentan cierta experiencia utilizando este tipo de herramientas y que cuentan con algún título de posgrado completo.
3. **Nivel avanzado:** Personas mayores de 40 años que cuentan con una amplia trayectoria dentro del área, presentan una amplia experiencia utilizando este tipo de herramientas, que suelen dirigir investigaciones y usualmente cuentan con algún doctorado relacionado a Bioinformática.

3. Perfiles de usuario

En esta sección del documento se presentarán los Perfiles de usuario (*User Personas*) de las categorías definidas en la sección anterior. Se ha adaptado el modelo presentado por la Administración de Servicios Generales (*General Services Administration*, en inglés) de los Estados Unidos en la información brindada sobre Perfiles de usuarios (Affairs, 2013) en la plantilla ofrecida por Lucidchart (Rueda & Estupiñán, 2017). Estos perfiles pueden ser observados en las figuras del 67 al 69.

4.1. Perfil de usuario de nivel básico

Eliana Torres
26 años
Investigadora
Evolución de proteínas

Nivel de experiencia tecnológica

Internet	● ● ● ● ●
Aplicaciones móviles	● ● ● ● ●
Software	● ● ● ● ●
Redes sociales	● ● ● ● ●

Estudiante de posgrado, lleva 3 años de experiencia en su área de investigación. Además, se dedica a la educación en ciencias esenciales.

Dispositivos utilizados

Marcas o aplicaciones favoritas

Objetivos

- Acceder a recursos de información que permitan investigar la evolución de proteínas.
- Obtener información sobre estructuras de proteínas.
- Obtener enlaces a recursos de secuencias y dominios proteico.
- Generar reportes de toda la información descrita anteriormente.

Frustraciones

- No poder reproducir las búsquedas que ha realizado anteriormente de manera masiva y sencilla.
- Las herramientas que utiliza no le permite seleccionar las características específicas y el formato que requiere.
- Invierte mucho tiempo analizando y formateando los datos que descarga.

Figura 67 Anexo J: Perfil de usuario de nivel básico. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@thisisengineering>

4.2. Perfil de usuario de nivel intermedio

Chander Rossi
34 años
Investigador
Bioinformática

Doctor en Bioinformática. Lleva 9 años de experiencia en su área de investigación. Es docente universitario y actualmente realiza una investigación posdoctoral.

Nivel de experiencia tecnológica

Internet	● ● ● ● ●
Aplicaciones móviles	● ● ● ● ●
Software	● ● ● ● ●
Redes sociales	● ● ● ● ●

Dispositivos utilizados

Marcas o aplicaciones favoritas

Objetivos

- Satisfacer su curiosidad en temas relacionados a su área de investigación.
- Obtener información sobre sistemas biológicos de manera práctica.
- Encontrar soluciones rápidas para las necesidades en sus investigaciones.
- Encontrar la información que le es útil en sus investigaciones sin realizar mucho procesamiento.

Frustraciones

- No poder trabajar con una gran cantidad de información de manera simultánea.
- Los servicios que utiliza no tienen la opción de enviar comentarios de retroalimentación.
- Los recursos de datos que utiliza no se encuentran integrados y estandarizados.

Figura 68 Anexo J: Perfil de usuario de nivel intermedio. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@thisengineering>

4.3. Perfil de usuario de nivel avanzado

Oliver Allen
52 años
Investigador
Microbiología evolutiva

Doctor en Bioinformática. Lleva 25 años de experiencia en su área y dirige un laboratorio de investigación. Es docente universitario.

Nivel de experiencia tecnológica

Internet	●●●●●
Aplicaciones móviles	●●●●●
Software	●●●●●
Redes sociales	●●●●●

Dispositivos utilizados

Marcas o aplicaciones favoritas

Objetivos

- Responder a las preguntas planteadas en sus investigaciones.
- Acceder a información y obtener datos para sus proyectos.
- Compartir la información que ha generado en los trabajos realizados en el laboratorio que dirige.
- Realizar descargas masivas de información.
- Encontrar información sobre secuencias y estructuras de proteínas.

Frustraciones

- Los servicios con los que trabaja presentan límites para el tamaño de archivo en la carga.
- El tiempo de subida de archivos a las herramientas es excesivo.
- Considera que hay sobreabundancia de datos lo que implica demasiada información.
- Los servicios no cuentan con opciones que faciliten la filtración de datos.

Figura 69 Anexo J: Perfil de usuario de nivel avanzado. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@linkedinsalesnavigator>

4. Mapas de empatía

En esta sección del documento se presentarán los Mapas de empatía (*Empathy Maps*) de los perfiles de usuario presentados en la sección anterior. Se ha adaptado el modelo propuesto en el estudio *Designing Personas with Empathy Map* elaborada por el Instituto de Computación de la Universidad Federal de Amazonas, ubicada en Brasil (Ferreira et al., 2015) en la plantilla ofrecida por Lucidchart (Rueda & Estupiñán, 2017). Estos mapas pueden ser observados en las figuras del 70 al 72.



4.1. Mapa de empatía sobre un usuario de nivel básico

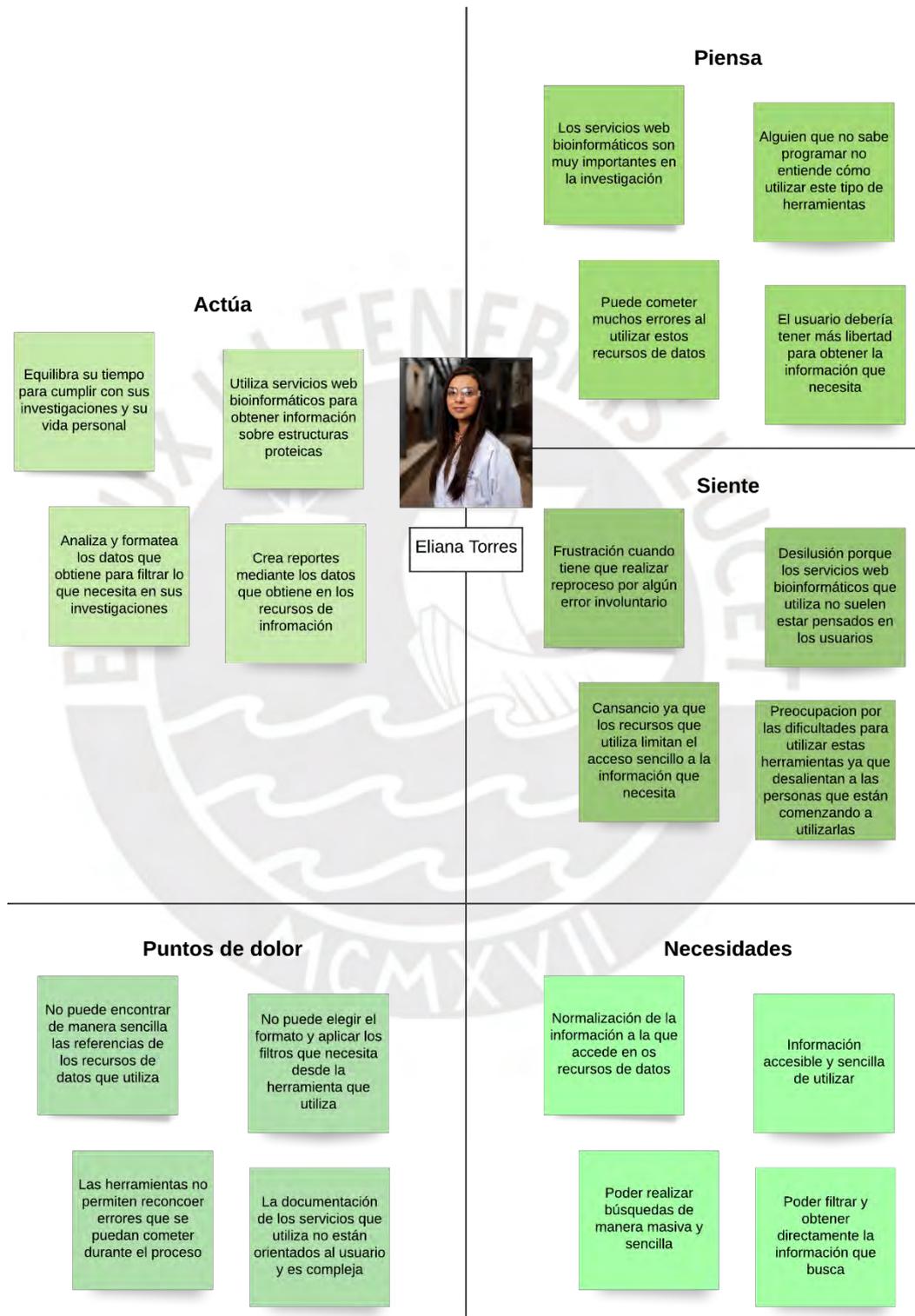


Figura 70 Anexo J: Mapa de empatía sobre un usuario de nivel básico. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@thisisengineering>

4.2. Mapa de empatía sobre un usuario de nivel intermedio

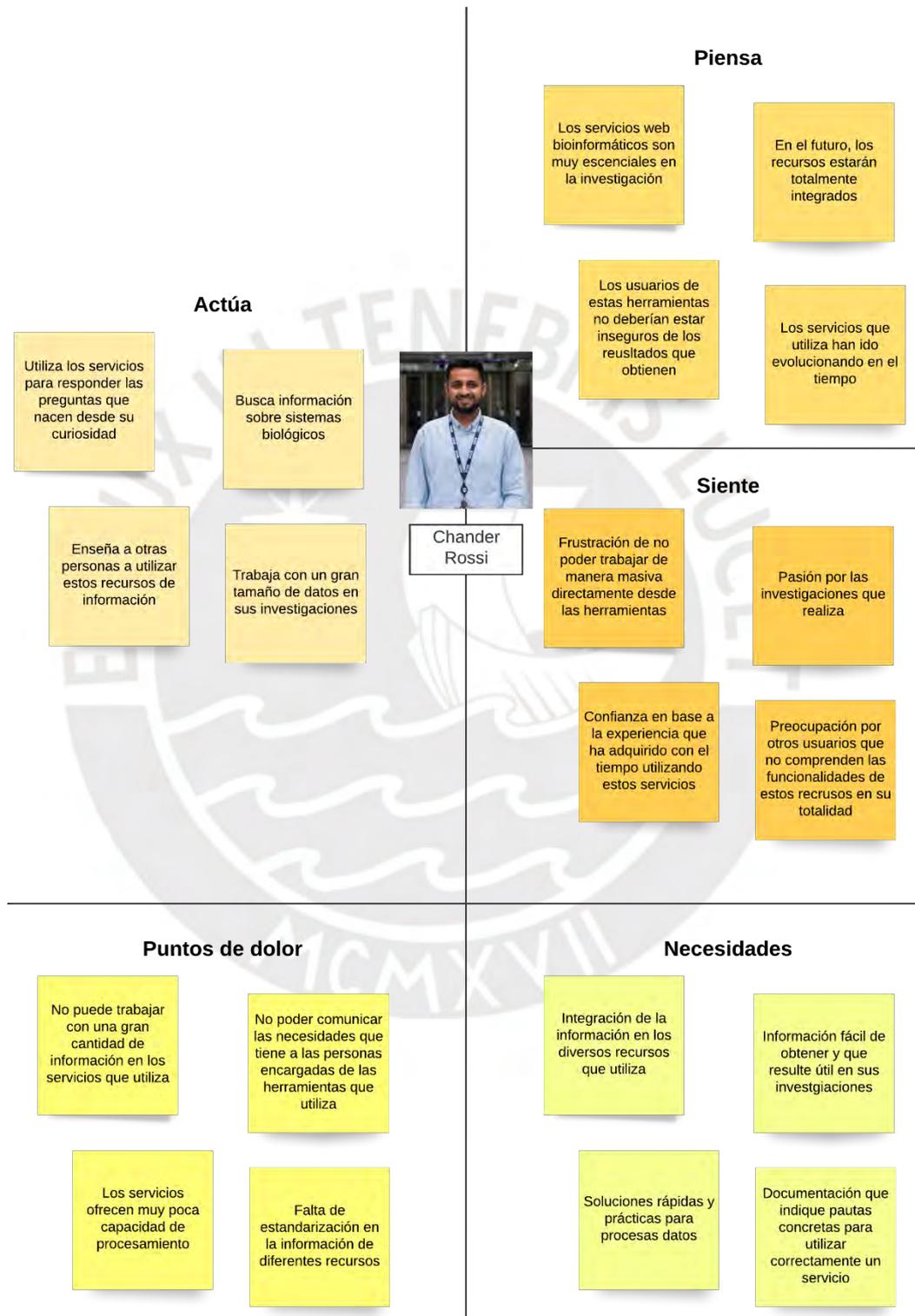


Figura 71 Anexo J: Mapa de empatía sobre un usuario de nivel intermedio. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@thisisengineering>

4.3. Mapa de empatía sobre un usuario de nivel intermedio

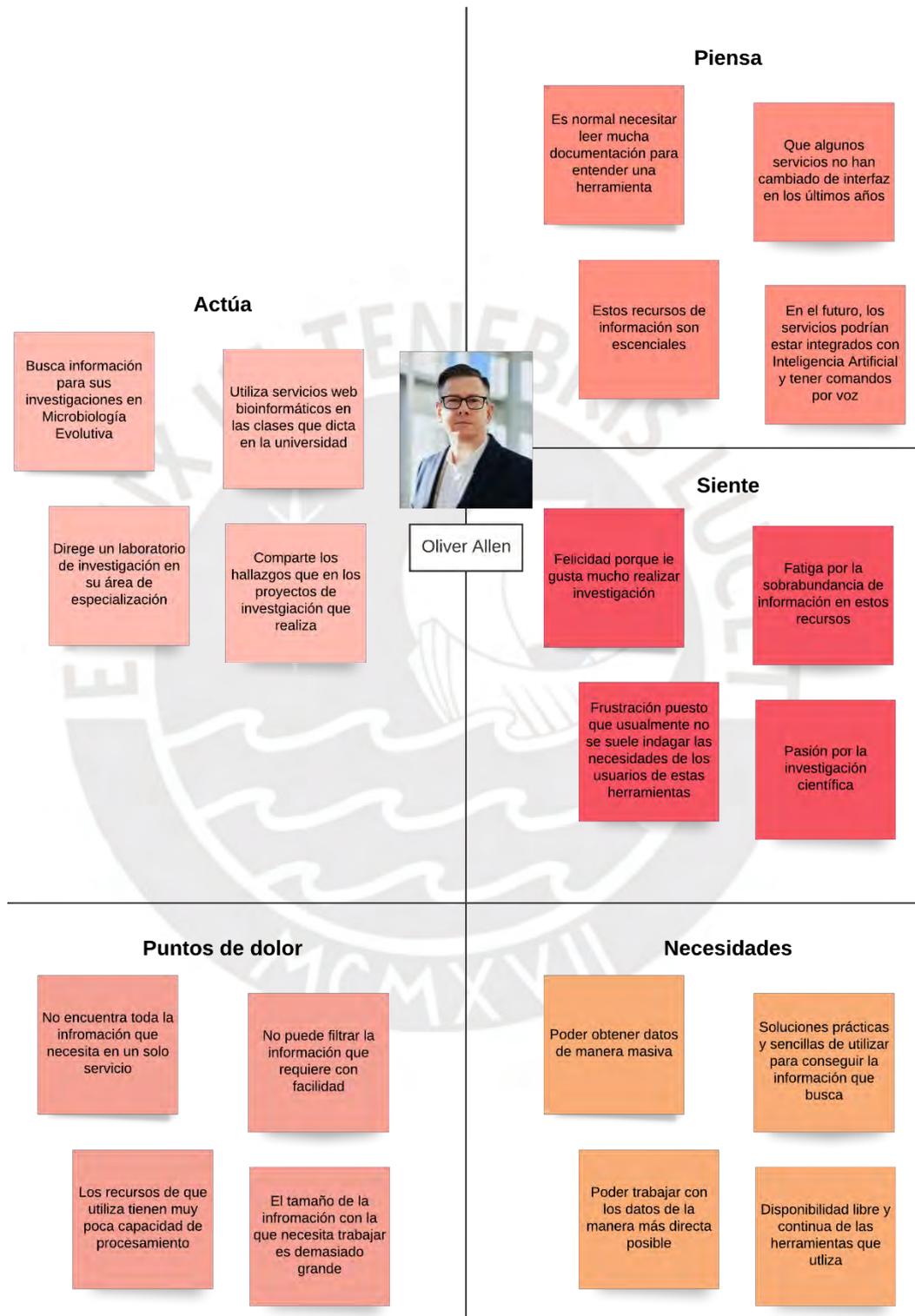


Figura 72 Anexo J: Mapa de empatía sobre un usuario de nivel avanzado. La foto utilizada ha sido tomada de <https://unsplash.com/@linkedinsalesnavigator>

5. Apéndices

5.1. Consentimiento informado para entrevistas

You are invited to participate on the research "Interviewing Bioinformatics Web Services Users". This is part of the thesis project "Usability on Bioinformatics Web Services" directed by Manuel Alberto Bezerra Brandao Corrales, Informatics Engineering student at Pontificia Universidad Católica del Perú, advised by Dr. Layla Hirsh and Dr. José Pow Sang. The objective of this research is to collect information about the needs of bioinformatics web services users.

If you accept to participate, you will be asked to participate in an interview that will be audio recorded. This will take you approximately one hour. Your participation in this research is voluntary. If you feel uncomfortable with any of the questions, you can communicate it to the interviewer. You can choose not to answer some questions or stop the interview at any time. Besides, you are participating anonymously and in a confidential way. The information that you will bring will not be associated to any detail that could be related to you and will only be used in an academic way.

This study does not present any risk. There are no direct benefits for you as a result of your participation. By participating in this research, you will contribute to the academic comprehension of the subject of study.

If you present any doubt or question, feel free to communicate with Dr. Layla Hirsh by sending an email to lhirsh@pucp.edu.pe or mbezerrabrandao@pucp.edu.pe.

By continuing with the interview, you affirm that you have received this informed consent and you accept to participate voluntarily in this research.

5.2. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad

30/10/2020

Correo de Pontificia Universidad Católica del Perú - Acta de aceptación de documento



Manuel A. Bezerra Brandao Corrales <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Acta de aceptación de documento

1 mensaje

Jose Antonio Pow Sang Portillo <japowsang@pucp.edu.pe>

30 de octubre de 2020, 17:57

Para: "Manuel A. Bezerra Brandao Corrales" <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Nombre del documento: Definición de instrumentos de usabilidad en servicios web bioinformáticos.

Descripción del documento: Documento que contiene la especificación de entrevistas realizadas a diferentes usuarios de servicios web bioinformáticos, clasificación de estos usuarios y un Perfil de usuario (*User Persona*) junto a un Mapa de empatía (*Empathy Map*) por cada una de las categorías propuestas.

Mediante la presente acta, yo Jose Antonio Pow Sang Portillo dejo constancia de que se ha revisado por medio de juicio experto el documento, descrito en los puntos anteriores, perteneciente al proyecto de tesis Usabilidad en servicios web bioinformáticos. Adicionalmente, en el siguiente cuadro se describen las observaciones que se podrían levantar para mejorar el documento.

Veredicto:

Aceptado Requiere levantar algunas observaciones

Observaciones:

Sin observaciones

Lima, 30 de octubre de 2020

--
Dr. José Antonio Pow-Sang P.
Profesor Principal | Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado
Director de la Maestría en Informática
japowsang@pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
+51-1-626-2000 Ext. 5111
<http://www.pucp.edu.pe/jose-pow-sang-portillo/>



Senior Member
jose.powsang.pe@ieee.org



Anexo K: Lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos

Este anexo contiene el documento con la propuesta de lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos. Este documento contiene la propuesta de lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos, basado en la publicación *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* del programa de Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande del Sur y la información recolectada en las entrevistas con usuarios de servicios web bioinformáticos.

1. Introducción

En este documento se presenta una propuesta de lineamientos de diseño para servicios web bioinformáticos. Para esto se ha tomado como base la propuesta publicada en el artículo *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* por el programa de Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande del Sur (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018). Además, utilizando la información obtenida por medio de evaluaciones sumativas, entrevistas con usuarios e instrumentos de usabilidad sobre servicios web bioinformáticos⁵³, se realizan cambios y mejoras a los lineamientos de diseño utilizados como base para la elaboración de esta propuesta.

2. Justificación

Es muy poco el trabajo realizado para identificar características específicas que provocan potenciales problemas de usabilidad en servicios web bioinformáticos (Bolchini et al., 2009). Esta afirmación se comprueba en la revisión de literatura realizada para este proyecto de fin de carrera⁵⁴. Se encontró que no existen estándares, guías o marcos de trabajos que permitan mejorar aspectos de usabilidad en servicios web bioinformáticos. Únicamente se encontró una propuesta de lineamientos de diseño para servicios web bioinformáticos publicada por el programa de Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad

⁵³ Obtenidos en otros resultados de este proyecto de fin de carrera.

⁵⁴ Ubicada en el capítulo 3 del documento de tesis.

Católica de Rio Grande del Sur en el artículo *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018). En esta publicación, los autores explican los resultados obtenidos en una serie de evaluaciones heurísticas aplicadas a los servicios web bioinformáticos I-TASSER (Zhang, 2008), QUARK (Zhang, 2014) y Robetta (Kim et al., 2004) para la elaboración del diseño del servicio web wCReF (Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018), el cual también evaluado mediante pruebas con usuarios utilizando cuestionario. Finalmente, tomando como base las 10 heurísticas de usabilidad de Nielsen (Nielsen, 2005), los autores proponen una serie de lineamientos de diseño como resultado de todas las evaluaciones y requerimientos propuestos para el diseño de wCReF (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018).

Por ello, en base a la información obtenida en base a las evaluaciones sumativas realizadas en el servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019) utilizando el cuestionario SUS (*System Usability Scale*, por sus siglas en inglés) (Brooke, 1996) y el cuestionario ajustado propuesto SUS-BWS (*System Usability Scale for Bioinformatics Web Services*, por sus siglas en inglés), las entrevistas realizadas a usuarios de servicios web bioinformáticos, los perfiles de usuario (*User Personas*, en inglés) (Affairs, 2013) y mapas de empatía (*Empathy Maps*, en inglés) elaborados en base a la clasificación propuesta de usuarios de servicios web bioinformáticos en base al nivel de experiencia, se realiza una adaptación de los lineamientos publicados en el artículo mencionado en el párrafo anterior tomando en consideración los puntos de dolor identificados en los resultados pertenecientes a este proyecto de fin de carrera.

3. Discusión

Los lineamientos propuestos en el artículo *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018) están contruidos en base requerimientos definidos para el servicio web bioinformático wCReF (Machado Paixão-Cortes, Silveira, et al., 2018), utilizado para la predicción de estructuras de proteínas. Esto implica que los lineamientos se encuentran enfocados en servicios web bioinformáticos del tipo herramienta.

En la propuesta de Machado Paixão-Cortes y otros autores, se encontró que algunos lineamientos requerían generalizarse para abordar los distintos tipos de servicios web bioinformáticos. Además, se considera que algunos de los lineamientos podrían ubicarse

de manera más adecuada en otras heurísticas. Finalmente, se observó que algunos lineamientos de la publicación se encontraban repetidos.

Durante las entrevistas con usuarios de servicios web bioinformáticos se encontró diversos puntos de dolor no solo en los servicios del tipo herramienta sino también del tipo recurso de datos. Se encontró necesario agregar lineamientos que consideren la eficiencia en el acceso a la información en este tipo de servicios. Los usuarios manifestaron que encontraban dificultad en las herramientas para filtrar la información y que no suelen contar con variedad de formatos para exportar esta información.

Por todo lo anterior, se propone adaptar, organizar y seleccionar los lineamientos propuestos por Machado Paixão-Cortes y otros autores (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018) junto con nuevos lineamientos propuestos en base a las necesidades encontradas en las entrevistas con usuarios de servicios web bioinformáticos.

4. Lineamientos de diseño para servicios web bioinformáticos

En esta sección, se presenta los lineamientos propuestos tomando como base los publicados en el artículo *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018) categorizados según las diez heurísticas de Nielsen sobre usabilidad (Nielsen, 2005). Esta propuesta puede ser observada en la tabla 32.

Tabla 32 Anexo K: Propuesta de lineamientos de diseño para servicios web bioinformáticos categorizados en base a las diez heurísticas de Nielsen (Nielsen, 2005)

Heurísticas	Lineamientos de diseño
Visibilidad del estado del sistema	<p>En todo momento, el usuario debe poder identificar la funcionalidad y/o sección del servicio en el que se encuentra.</p> <p>Se debe mostrar un mensaje claro en caso el usuario requiera iniciar sesión (o registrarse) para poder hacer uso del servicio.</p> <p>Se debe informar al usuario en todo momento el estado del procesamiento solicitado, así como un aproximado del tiempo requerido para completarlo.</p>

	<p>El usuario debe poder revisar la lista de tareas que está procesando en el servicio.</p> <p>Se debe presentar al usuario los medios por los cuales serán presentados los resultados de su procesamiento.</p> <p>Se debe presentar un mensaje llamativo y claro al usuario cuando su solicitud de procesamiento haya sido registrada correctamente.</p> <p>El resultado del procesamiento o consulta debe ser presentado por diferentes medios, no solo por correo electrónico. Por ejemplo, se puede ofrecer una página web con el resultado en donde constantemente se actualice el estado del procesamiento.</p>
<p>Coincidencia entre el sistema y el mundo real</p>	<p>Incluir botones y/o íconos que simbolicen acciones que resulten familiares al usuario como regresar, avanzar, inicio, guardar, etc.</p> <p>De ser posible, proponer metáforas⁵⁵ para la representación de la información a brindar al usuario. Por ejemplo, en caso se muestre información relacionada a ADN, utilizar un ícono que sea entendido como ADN para representarlo⁵⁶.</p>
<p>Control y libertad del usuario</p>	<p>Se debe proporcionar las opciones básicas de control y libertad como deshacer y rehacer en todas las interfaces posibles del servicio.</p> <p>En caso se cuente con registro de usuarios, se debe brindar la opción para el cambio de contraseña.</p>

⁵⁵ Las metáforas son una manera de comunicar un concepto abstracto de manera más accesible y sencilla, tradicionalmente asociada con el uso del lenguaje (Álvarez, 2005).

⁵⁶ Por ejemplo, <https://thenounproject.com/term/dna/131010/>

	<p>En caso se cuente con registro de usuarios, se debe brindar la opción de cierre de sesión en toda la interfaz.</p>
<p>Consistencia y estándares</p>	<p>Se debe definir un estándar para el diseño de toda la interfaz del servicio. Se debe establecer una paleta de colores, tipografías, etc.</p> <p>Se debe estandarizar los mensajes de error. Evitar mensajes que aparezcan en ventanas nuevas, mensajes de texto sin botones de deshacer. El mensaje de error debe aparecer en la misma pantalla del error.</p> <p>Se debe realizar una estandarización de los botones, diferenciando aquellos que tengan funciones distintas.</p> <p>Mantener un único estándar de menú para todas las pantallas. Mantener la misma ubicación.</p> <p>Diferenciar los campos obligatorios de los opcionales de manera clara y atractiva visualmente.</p> <p>En lo posible, seguir un estándar para los datos con los que se trabajan para facilitar la integración con otros recursos.</p>
<p>Prevención de errores</p>	<p>Mostrar mensajes de advertencia antes de ejecutar alguna acción que podría causar un error. Por ejemplo, cuando se seleccione la opción “borrar formulario”, el usuario debe confirmar su intención, puesto que podría perder la información que ya ingresó.</p> <p>Informar al usuario los formatos de dato que debe utilizar en el servicio. Utilizar ejemplos. En caso los datos ingresados por el usuario no cumplan con el</p>

	<p>formato requerido, mostrar un mensaje de error en lugar de iniciar el procesamiento.</p> <p>Mostrar confirmaciones cuando los formatos de los datos ingresados por el usuario son correctos.</p>
<p>Minimizar la carga de memoria del usuario</p>	<p>Enfocar las opciones a las funcionalidades principales del servicio, evitando el exceso de menús e información sin categorización.</p> <p>Describir las funcionalidades que no se encuentren en términos familiares para el usuario. Proveer un glosario de términos técnicos para facilitar el entendimiento a usuario inexpertos.</p> <p>Utilizar términos explicativos para los nombres de las funcionalidades. Una guía rápida puede ser incluida en un ícono de ayuda al lado de una sección complicada de entender. Por ejemplo, en la línea de un dato.</p> <p>Categorizar y organizar los resultados presentados a los usuarios de manera que resulte sencillo ubicar la información requerida.</p>
<p>Flexibilidad y eficiencia de uso</p>	<p>Considerar incluir a algún usuario final durante el diseño del servicio.</p> <p>El usuario debe poder contar con la opción de cancelar el procesamiento con una sola acción en caso lo requiera.</p> <p>El servicio debe permitir que el usuario realice procesamiento o consultas de manera masiva.</p> <p>Se debe permitir que el usuario repita algún un procesamiento o consulta anterior.</p> <p>El servicio debe presentar las opciones que permitan filtrar los datos del resultado obtenido de manera sencilla y lo más completa posible.</p>

	<p>Se debe velar por que el servicio pueda trabajar con la mayor cantidad de formatos posibles.</p> <p>Se debe velar por permitir la integración con otros servicios relacionados y por mostrar todas las referencias que se utilicen.</p>
Diseño estético y minimalista	<p>En lo posible, evitar utilizar demasiado texto para presentar los resultados. Esto realiza que sea confuso de entender.</p> <p>Priorizar la estandarización y utilizar atajos, botones, mensajes y la distribución de la información de acuerdo al interés del usuario, organizado en bloques o pantallas diferentes.</p> <p>Presente los menús de manera minimalista. Resalte las opciones que son principalmente del servicio, dejando en segundo plano los enlaces a otras herramientas.</p> <p>Evitar la redundancia de opciones. Por ejemplo, las acciones pueden ser mostradas solo cuando se seleccionan o se pasa el puntero encima de una opción.</p> <p>Los mensajes de advertencia y la información importante deben ser presentadas de una manera clara y prominente.</p>
Ayuda al usuario para reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	<p>En caso se tenga registro, permitir que el usuario pueda recuperar su usuario y su contraseña. Identificar si un usuario ya se encuentra registrado.</p> <p>En lo posible, siempre guardar la información que ya ha sido ingresada por el usuario para evitar que sea perdida en caso regrese al paso anterior, por ejemplo.</p>

	<p>En caso el usuario ingrese algún dato que no sigue los formatos requeridos o que no sea válido, mostrar un mensaje claro indicando el problema y cómo solucionarlo.</p>
Ayuda y documentación	<p>La documentación debe contar con la explicación de posibles escenarios de uso del servicio, detallando el paso a paso a seguir para obtener algún resultado esperado.</p> <p>Documentar cada una de las funcionales con las que cuenta el servicio. Mostrar los posibles <i>inputs</i> y los posibles <i>outputs</i> a obtener de manera clara y simple. El usuario debe estar informado de los formatos soportados en el servicio.</p> <p>Se debe contar con ayuda rápida contextual para que el usuario no requiera leer la documentación en su totalidad.</p> <p>Explicar los motivos de alguna restricción. Por ejemplo, explicar por qué es necesario que un usuario se registre para poder utilizar el servicio.</p> <p>La información presentada en los resultados debe tener explicación y referencias a documentación apropiada.</p>

5. Apéndices

5.1. Validación del documento por medio de juicio experto en usabilidad

12/11/2020

Correo de Pontificia Universidad Católica del Perú - Acta de aceptación de documento



Manuel A. Bezerra Brandao Corrales <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Acta de aceptación de documento

1 mensaje

Jose Antonio Pow Sang Portillo <japowsang@pucp.pe>

11 de noviembre de 2020, 17:24

Para: "Manuel A. Bezerra Brandao Corrales" <mbezerrabrandao@pucp.edu.pe>

Cc: Layla Hirsh Martinez <lhirsh@pucp.edu.pe>

Nombre del documento: Lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos.

Descripción del documento: Documento que contiene la propuesta de lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos, basado en la publicación *Usability as the Key Factor to the Design of a Web Server for the CReF Protein Structure Predictor: The wCReF* del programa de Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande del Sur (Machado Paixão-Cortes, dos Santos da Silva Tanus, et al., 2018) y la información recolectada en las entrevistas con usuarios de servicios web bioinformáticos.

Mediante la presente acta, yo José Antonio Pow Sang Portillo dejo constancia de que se ha revisado por medio de juicio experto el documento, descrito en los puntos anteriores, perteneciente al proyecto de tesis Usabilidad en servicios web bioinformáticos. Adicionalmente, en el siguiente cuadro se describen las observaciones que se podrían levantar para mejorar el documento.

Veredicto:

Aceptado Requiere levantar algunas observaciones

Observaciones:

Sin observaciones

Lima, 11 de noviembre de 2020

--

Dr. José Antonio Pow-Sang P.
Profesor Principal | Director Ejecutivo de la Escuela de Posgrado
Director de la Maestría en Informática
japowsang@pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
+51-1-626-2000 Ext. 5111
<http://www.pucp.edu.pe/jose-pow-sang-portillo/>



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

Senior Member
jose.powsang.pe@ieee.org



Anexo L: Prototipo de interfaz de una funcionalidad de un servicio web bioinformático diseñado en base a los lineamientos

Este anexo contiene el prototipo navegable del diseño propuesto para la interfaz de la funcionalidad “*View a Pfam entry*” del servicio web bioinformático del tipo recurso de información relacionado a familias de proteínas, Pfam (El-Gebali et al., 2019).

1. Introducción

Para realizar una primera prueba de los lineamientos para el diseño de interfaces de servicios web bioinformáticos, se elaboró un prototipo de interfaz de la funcionalidad “*View a Pfam entry*” del servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019). Este fue desarrollado en la plataforma en línea Figma (Design, 2017).

2. Pantallas diseñadas

En esta sección, se presentan todas las pantallas consideradas en el diseño propuesto para la funcionalidad *View a Pfam entry*” del servicio web bioinformático Pfam (El-Gebali et al., 2019). Estas pantallas pueden ser observadas en las figuras del 73 al 85

2.1. Pantalla principal



The proposed design for the Pfam homepage features a navigation bar with icons for Home, Search, Explore, Files, Help, and About, alongside the Pfam logo and a keyword search field. Below the navigation bar, the main content area is divided into several sections: a version update (Pfam 33.1, May 2020, 18259 entries), a 'Quick Links' sidebar with buttons for Jump To, Sequence Search, View a Pfam Entry, View a Clan, View a Sequence, View a Structure, and Keyword Search; a 'You can find data in Pfam in various ways!' section with instructions on how to use the site; a 'Citing Pfam' section with a document icon and a reference to the 2019 database update; and a footer with EMBL-EBI and ELIXIR logos, contact information, and a statement that Pfam is part of the ELIXIR infrastructure.

Home **Search** **Explore** **Files** **Help** **About** **Pfam** Keyword search

Pfam 33.1
May 2020
18259 entries

The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by **multiple sequences alignments and hidden Markov models (MHMs)**.
[Read more about Pfam...](#)

Quick Links

- Jump To
- Sequence Search
- View a Pfam Entry
- View a Clan
- View a Sequence
- View a Structure
- Keyword Search

You can find data in Pfam in various ways!

- Analyze your protein sequence for Pfam matches.
- View Pfam annotation and alignments.
- See groups of related entries.
- Look at do the domain organisation of a protein sequence.
- Find the domains on a PDB structure
- Query Pfam by keywords-e

enter any accession or ID Example

? Enter any type of accession or ID to jump to the page for a Pfam entry or clan, UniProt sequence, PDB structure, etc.

Citing Pfam

If you find Pfam useful, please consider [citing](#) the reference that describes this work:

The Pfam protein families database in 2019: S. El-Gebali, J. Mistry, A. Bateman, S.R. Eddy, A. Luciani, S.C. Potter, M. Qureshi, L.J. Richardson, G.A. Salazar, A. Smart, E.L.L. Sonnhammer, L. Hirsh, L. Paladin, D. Piovesan, S.C.E. Tosatto, R.D. Finn
Nucleic Acids Research (2019) doi: 10.1093/nar/gky995

EMBL-EBI  Comments or questions on the site? Send an email to: pfam-help@ebi.ac.uk
European Molecular Biology Laboratory

elixir Pfam is part of the ELIXIR infrastructure
Pfam is an ELIXIR service. [Read more](#)

Figura 73 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla principal de Pfam(El-Gebali et al., 2019)

2.2. Funcionalidad “View a Pfam Entry”

The screenshot shows the Pfam website interface. At the top, there is a navigation bar with icons for Home, Search, Explore, Files, Help, and About, along with the Pfam logo and a keyword search box. Below the navigation bar, the main content area features the Pfam 33.1 release information (May 2020, 18259 entries) and a brief description of the database. A 'Quick Links' sidebar on the left contains buttons for Jump To, Sequence Search, View a Pfam Entry (highlighted), View a Clan, View a Sequence, View a Structure, and Keyword Search. The main content area includes a section for 'View Pfam annotations and alignments' with a text input field for an entry ID or accession, a search button, and an 'Example' link. Below this is a note about browsing through the list of all Pfam families. A 'Citing Pfam' section includes a document icon and a reference to the 2019 paper by El-Gebali et al. The footer contains logos for EMBL-EBI, the European Molecular Biology Laboratory, and ELIXIR infrastructure.

Home Search Explore Files Help About Pfam Keyword search

Pfam 33.1
May 2020
18259 entries

The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by **multiple sequences alignments** and **hidden Markov models (MHHS)**.
[Read more about Pfam...](#)

Quick Links

- Jump To
- Sequence Search
- View a Pfam Entry**
- View a Clan
- View a Sequence
- View a Structure
- Keyword Search

View Pfam annotations and alignments
Enter a entry identifier (e.g. *Piwi*) or accession (e.g. *PF02171*) to see all data for that entry.

enter any entry ID or accession [Example](#)

? You can also [browse](#) through the list of all Pfam families

Citing Pfam

If you find Pfam useful, please consider [citing](#) the reference that describes this work:
[The Pfam protein families database in 2019](#): S. El-Gebali, J. Mistry, A. Bateman, S.R. Eddy, A. Luciani, S.C. Potter, M. Qureshi, L.J. Richardson, G.A. Salazar, A. Smart, E.L.L. Sonnhammer, L. Hirsh, L. Paladin, D. Piovesan, S.C.E. Tosatto, R.D. Finn
Nucleic Acids Research (2019) doi: 10.1093/nar/gky995

EMBL-EBI  Comments or questions on the site? Send an email to: pfam-help@ebi.ac.uk
European Molecular Biology Laboratory

 Pfam is part of the ELIXIR infrastructure
Pfam is an ELIXIR service. [Read more](#)

Figura 74 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la funcionalidad “View a Pfam Entry”

The screenshot shows the Pfam website interface. At the top, there is a navigation bar with icons for Home, Search, Explore, Files, Help, and About, along with the Pfam logo and a keyword search box. Below the navigation bar, the main content area displays the Pfam version (33.1) and date (May 2020) with 18259 entries. A 'Quick Links' section contains buttons for 'Jump To', 'Sequence Search', 'View a Pfam Entry', 'View a Clan', 'View a Sequence', 'View a Structure', and 'Keyword Search'. The 'View a Pfam Entry' button is highlighted. Below this, there is a section for 'View Pfam annotations and alignments' with a search input field containing 'TAL_effector' and a search button. A 'Citing Pfam' section provides a reference for the Pfam database. At the bottom, there are logos for EMBL-EBI and ELIXIR, along with contact information for comments or questions.

Home Search Explore Files Help About

Pfam 33.1
May 2020
18259 entries

The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by **multiple sequences alignments and hidden Markov models (MHMs)**.
[Read more about Pfam...](#)

Quick Links

- Jump To
- Sequence Search
- View a Pfam Entry**
- View a Clan
- View a Sequence
- View a Structure
- Keyword Search

View Pfam annotations and alignments
Enter a entry identifier (e.g. *Piwi*) or accession (e.g. *PF02171*) to see all data for that entry.

[Example](#)

? You can also [browse](#) through the list of all Pfam families

Citing Pfam
If you find Pfam useful, please consider [citing](#) the reference that describes this work:
The Pfam protein families database in 2019: S. El-Gebali, J. Mistry, A. Bateman, S.R. Eddy, A. Luciani, S.C. Potter, M. Qureshi, L.J. Richardson, G.A. Salazar, A. Smart, E.L.L. Sonnhammer, L. Hirsh, L. Paladin, D. Piovesan, S.C.E. Tosatto, R.D. Finn
Nucleic Acids Research (2019) doi: 10.1093/nar/gky995

EMBL-EBI Comments or questions on the site? Send an email to: pfam@ebi.ac.uk
European Molecular Biology Laboratory

Pfam is part of the ELIXIR infrastructure
[More from EMBL services](#) [Send Email](#)

Figura 75 Anexo L: Diseño propuesto para la selección de ejemplo en la pantalla de la funcionalidad "View a Pfam Entry"

Home Search Explore Files Help About

Pfam 33.1
May 2020
18259 entries

The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by **multiple sequences alignments** and **hidden Markov models (MHMs)**.
[Read more about Pfam...](#)

Quick Links

- Jump To
- Sequence Search
- View a Pfam Entry**
- View a Clan
- View a Sequence
- View a Structure
- Keyword Search

View Pfam annotations and alignments
Enter a entry identifier (e.g. *Piwi*) or accession (e.g. *PF02171*) to see all data for that entry.

TAL_effector Example

? You can also!

Searching...

Citing Pfam
If you find Pfam useful, please consider [citing](#) the reference that describes this work:
The Pfam protein families database in 2019: S. El-Gebali, J. Mistry, A. Bateman, S.R. Eddy, A. Luciani, S.C. Potter, M. Qureshi, L.J. Richardson, G.A. Salazar, A. Smart, E.L.L. Sonnhammer, L. Hirsh, L. Paladin, D. Piovesan, S.C.E. Tosatto, R.D. Finn
Nucleic Acids Research (2019) doi: 10.1093/nar/gky995

EMBL-EBI Comments or questions on the site? Send an email to: pfam-help@ebi.ac.uk
European Molecular Biology Laboratory

Pfam is part of the ELIXIR infrastructure
Pfam is an EMBL service. [Read more.](#)

Figura 76 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de espera de búsqueda de la funcionalidad "View a Pfam Entry"

Home Search Explore Files Help About

Pfam
Keyword search

Pfam 33.1
May 2020
18259 entries

The Pfam database is a large collection of protein families, each represented by **multiple sequences alignments** and **hidden Markov models (MHMs)**.
[Read more about Pfam...](#)

Quick Links

- Jump To
- Sequence Search
- View a Pfam Entry**
- View a Clan
- View a Sequence
- View a Structure
- Keyword Search

View Pfam annotations and alignments
Enter a entry identifier (e.g. *Piwi*) or accession (e.g. *PF02171*) to see all data for that entry.

TAL_effector Example

You can also!

Loading entry...

Citing Pfam
If you find Pfam useful, please consider [citing](#) the reference that describes this work:
[The Pfam protein families database in 2019](#): S. El-Gebali, J. Mistry, A. Bateman, S.R. Eddy, A. Luciani, S.C. Potter, M. Qureshi, L.J. Richardson, G.A. Salazar, A. Smart, E.L.L. Sonnhammer, L. Hirsh, L. Paladin, D. Piovesan, S.C.E. Tosatto, R.D. Finn
Nucleic Acids Research (2019) doi: 10.1093/nar/gky995

EMBL-EBI
Comments or questions on the site? Send an email to: pfam-help@ebi.ac.uk
European Molecular Biology Laboratory

elixir
Pfam is part of the ELIXIR infrastructure
Pfam is an EMBL service. Read more.

Figura 77 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de espera de carga de la funcionalidad "View a Pfam Entry"

Home Search Explore Files Help About

Keyword search | |

Family: **TAL_effector** (PF03377)

21 architectures 498 sequences 1 interaction 6 species 545 structures

Summary: TAL effector repeat

It is included annotations and additional family information from a range of different sources.

^ **Pfam**

This section holds the annotation information that is stored in the Pfam database. As we move to using Wikipedia as our main source of annotation, the contents of this tab will be gradually replaced by the Wikipedia tab.

TAL effector

The proteins in this family bind to DNA in a predictable way [2]. The structure shows that each repeat is composed of two alpha helices [2].

Literature references

1. Bai J, Choi SH, Ponciano G, Leung H, Leach JE, Mol Plant Microbe Interact 2000;13:1322-1329.: Xanthomonas oryzae pv. oryzae avirulence genes contribute differently and specifically to pathogen aggressiveness. [PUBMED:11106024](#) [EPMC:11106024](#)
2. Mak AN, Bradley P, Cernadas RA, Bogdanove AJ, Stoddard BL; Science. 2012;335:716-719.: The crystal structure of TAL effector PthXo1 bound to its DNA target. [PUBMED:22223736](#) [EPMC:22223736](#)

3UGM

PDB entry 3UGM: Structure of TAL effector PthXo1 bound to its DNA target.

EMBL-EBI Comments or questions on the site? Send an email to: pfam-help@ebi.ac.uk European Molecular Biology Laboratory

Pfam is part of the ELIXIR infrastructure Pfam is an Elixir service [Read more](#)

Figura 78 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de espera de carga de resultados de la funcionalidad "View a Pfam Entry"

2.3. Sección "Summary"

Home Search Explore Files Help About

Pfam Keyword search

Family: *TAL_effector* (PF03377)

21 architectures 498 sequences 1 interaction 6 species 545 structures

Summary

Domain organisation

Clan

Alignments

HMM logo

Trees & species

Curation & model

Interactions

Structures

Summary: TAL effector repeat

It is included annotations and additional family information from a range of different sources.

^ Pfam

This sección holds the annotation information that is stored in the Pfam database. As we move to using Wikipedia as our main source of annotation, the contents of this tab will be gradually replaced by the Wikipedia tab.

TAL effector repeat [Provide feedback](#)

The proteins in this family bind to DNA. Each repeat binds to a base pair in a predictable way [2]. The structure shows that each repeat is composed of two alpha helices [2].

Literature references

- Bai J, Choi SH, Ponciano G, Leung H, Leach JE, , Mol Plant Microbe Interact 2000;13:1322-1329.: Xanthomonas oryzae pv. oryzae avirulence genes contribute differently and specifically to pathogen aggressiveness. [PUBMED:11106024](#) [EPMC:11106024](#)
- Mak AN, Bradley P, Cernadas RA, Bogdanove AJ, Stoddard BL,; Science. 2012;335:716-719.: The crystal structure of TAL effector PthXo1 bound to its DNA target. [PUBMED:22223736](#) [EPMC:22223736](#)

∨ Interpro

∨ Wikipedia

PDB entry 3UGM: Structure of TAL effector PthXo1 bound to its DNA target.

EMBL-EBI [Comments or questions on the site? Send an email to: \[pfam-help@ebi.ac.uk\]\(mailto:pfam-help@ebi.ac.uk\)](#)
European Molecular Biology Laboratory

elixir Pfam is part of the ELIXIR infrastructure
Pfam is an Elixir service. [Read more](#)

Figura 79 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la sección "Summary"

2.5. Sección "Alignments"

The screenshot shows the Pfam website interface for the 'Alignments' section of the 'TAL_effector (PF03377)' family. At the top, there is a navigation bar with icons for Home, Search, Explore, Files, Help, and About, along with the Pfam logo and a keyword search box. Below the navigation bar, the family name 'Family: TAL_effector (PF03377)' is displayed, followed by statistics: 21 architectures, 498 sequences, 1 interaction, 6 species, and 545 structures. A sidebar on the left contains buttons for Summary, Domain organisation, Clan, Alignments (selected), HMM logo, Trees & species, Curation & model, Interactions, and Structures. The main content area is titled 'Alignments' and includes a question mark icon and a paragraph explaining the alignment options. Below this, the 'Format an alignment' section contains five numbered steps: 1. Select alignment (Seed (41) or Full (498)), 2. Select format (FASTA), 3. Select order (Alphabetical or Tree), 4. Select letter case (Uppercase or Lowercase), and 5. Select gap format (Fill gaps as '-' (dashes)). At the bottom of the format section are 'Download' and 'View' buttons. The footer features the EMBL-EBI logo, contact information for Pfam help, and the ELIXIR infrastructure logo.

Home Search Explore Files Help About Pfam Keyword search

Family: *TAL_effector* (PF03377)

21 architectures 498 sequences 1 interaction 6 species 545 structures

Summary Domain organisation Clan **Alignments** HMM logo Trees & species Curation & model Interactions Structures

Alignments

❓ We store a range of different sequence alignments for families. As well as the seed alignment from which the family is built, we provide the full alignment, generated by searching the sequence database ([reference proteomes](#)) using the family HMM. We also generate alignments using four [representative proteomes](#) (RP) sets, the UniProtKB sequence database, the NCBI sequence database, and our metagenomics sequence database.

Format an alignment

- Select alignment
 - Seed (41)
 - Full (498)
- Select format
 - FASTA
- Select order
 - Alphabetical
 - Tree
- Select letter case
 - Uppercase
 - Lowercase
- Select gap format
 - Fill gaps as "-" (dashes)

Download View

EMBL-EBI Comments or questions on the site? Send an email to: pfam-help@ebi.ac.uk European Molecular Biology Laboratory

elixir Pfam is part of the ELIXIR infrastructure Pfam is an Elixir service. [Read more](#)

Figura 82 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la sección "Alignments"

2.6. Sección “HMM logo”

The screenshot displays the Pfam website interface for the HMM logo section of the TAL_effector family (PF03377). At the top, there is a navigation bar with icons for Home, Search, Explore, Files, Help, and About, along with the Pfam logo and a keyword search box. Below the navigation bar, the family name "Family: TAL_effector (PF03377)" is displayed, accompanied by statistics: 21 architectures, 498 sequences, 1 interaction, 6 species, and 545 structures. A sidebar on the left contains a menu with items: Summary, Domain organisation, Clan, Alignments, HMM logo (highlighted), Trees & species, Curation & model, Interactions, and Structures. The main content area is titled "HMM logo" and includes a question mark icon and a text block explaining that HMM logos are a way of visualising profile HMMs. Below this is a large, colorful HMM logo for the TAL_effector family, showing the sequence: N T G G A Q A A Q E A V L E D A G E F P T R E A P R G E S Y R A D I V K T A G S H. A download button is located below the logo. The footer contains the EMBL-EBI logo, contact information for Pfam help (pfam-help@ebi.ac.uk), and the ELIXIR infrastructure logo.

Figura 83 Anexo L: Diseño propuesto para la pantalla de la sección "HMM logo"

Home Search Explore Files Help About

Pfam
Keyword search | |

Family: *TAL_effector* (PF03377)

21 architectures 498 sequences 1 interaction 6 species 545 structures

Summary
Domain organisation
Clan
Alignments
HMM logo
Trees & species
Curation & model
Interactions
Structures

HMM logo

HMM logos is one way of visualising profile HMMs. Logos provide a quick overview of the properties of an HMM in a graphical form. You can see a more detailed description of HMM logos and find out how you can interpret them [here](#). [Less...](#)

If you find these logos useful in your own work, please consider citing the following article:

[HMM Logos for visualization of protein families](#): B. Schuster-Böckler, J. Schultz, S. Rahmann
BMC Bioinformatics (2004) 5:7

Download

EMBL-EBI  Comments or questions on the site? Send an email to: pfam-help@ebi.ac.uk
European Molecular Biology Laboratory

 Pfam is part of the ELIXIR infrastructure
Pfam is an Elixir service [Read more](#)

Figura 84 Anexo L: Diseño propuesto para la visualización de información de ayuda en la sección "HMM logo"

