Construcción de un recurso educativo "Mobile Learning" con elementos de gamificación, basado en pautas de accesibilidad y usabilidad para la empresa del sector acuícola GREENFISH S.A.

Yuli Sidney Garcés Bolaños

Nota de Aceptación

Certificamos que el presente Trabajo de Grado satisface, en alcances y calidad, todos los requisitos que demanda un Trabajo de Grado de Maestría.

Gabriel Elías Chanchí G.

Gabriel Elías Chanchí G. Ph.D

Valentina Tabares Morales

Valentina Tabares Morales

Andrés A. Navarro N.

Andrés Adolfo Navarro Newball

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali, para optar el título de Magister en Ingeniería de Software.

Camilo Rocha

HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO Ph. D.
Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias

JUAN CARLOS MARTÍNEZ ARIAS
Director Posgrados de Ingeniería y Ciencias

Cali, 7 de marzo de 2022

Cali 3 de marzo de 2022

SEÑORES:

JUAN CARLOS MARTÍNEZ ARIAS

Director Posgrados de Ingeniería y Ciencias

HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO Ph. D.

Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias

VALENTINA TABARES MORALES

Jurado 1

ANDRES ADOLFO NAVARRO NEWBALL

Jurado 2

ACTA DE CORRECCIONES

A través de este documento se hace la presentación de las correcciones sugeridas en la sustentación de la tesis denominada: **Construcción de un recurso educativo "Mobile Learning" con elementos de gamificación, basado en pautas de accesibilidad y usabilidad para la empresa del sector acuícola GREENFISH S.A.**

Las recomendaciones y su solución se listan a continuación:

1. En la sección de definición de pautas de accesibilidad y usabilidad se agregó un apartado de definición de la población objetivo.

A. Definición de la población objetivo

La junta directiva y los empleados de la empresa GreenFish S.A.S, logran establecer luego de un número significativo de entrevistas y el contacto directo con sus clientes, el perfil de las personas que usarán el aplicativo móvil como apoyo a sus proyectos acuapónicos, esto bajo la necesidad de definir las pautas y recomendaciones específicas para el contexto de la aplicación móvil. Dentro de la especificación del perfil se tiene:

- Los usuarios no pueden tener una deficiencia visual severa o total.
- Los usuarios no cuentan con una experticia en la manipulación de aplicaciones móviles.
- Un alto número de usuarios no sabe leer o escribir.
- Los usuarios con deficiencia visual parcial no utilizan lentes de contacto o gafas para mitigarla.

2. Explicación de la gamificación: en la sección de la definición de la gamificación en la aplicación se describió el modelo gamificado con la estructura final para qué:

Luego de hacer el recorrido exploratorio sobre la información pertinente de la construcción de un sistema acuapónico, se procede a implementar los elementos de gamificación propuestos al recurso de aprendizaje.

- El juego se divide en 5 niveles para dar incentivación a través del reto a los jugadores.
- Cada nivel enseña el objetivo del juego, la primera vez para que el jugador aprenda a jugar.
- Cada nivel permite obtener puntos dependiendo de la habilidad del jugador para obtener un puntaje total y competir para aparecer en el ranking general.
- Cada nivel tiene retroalimentación continua en las transacciones realizadas y al finalizar para conseguir que el jugador sepa qué hizo bien y qué hizo mal y aprenda sobre los contenidos.
- El nivel final (Nivel 5) permite evaluar el conocimiento adquirido para conocer el estado de aprehensión de conocimientos.
- En cualquier momento se puede visualizar la tabla de posiciones (Ranking del jugador) para incentivar la competitividad del jugador.
- El juego permite premiar a través de la empresa GREENFISH a los mejores jugadores para mejorar la pertinencia del jugador.
- El juego se divide en los siguientes 5 niveles para dar incentivación a través del reto a los jugadores, continuando en el nivel 6.
- Cada nivel enseña el objetivo del juego, la primera vez para que el jugador aprenda a jugar.
- Cada nivel permite obtener puntos dependiendo de la habilidad del jugador para obtener un puntaje total y competir para aparecer en el ranking general.
- Cada nivel tiene retroalimentación continua en las transacciones realizadas y al finalizar para conseguir que el jugador sepa qué hizo bien y qué hizo mal y aprenda sobre los contenidos.
- El nivel final (Nivel 5) permite evaluar el conocimiento adquirido para conocer el estado de aprehensión de conocimientos.
- En cualquier momento se puede visualizar la tabla de posiciones (Ranking del jugador) para incentivar la competitividad del jugador.
- El juego permite premiar a través de la empresa GREENFISH a los mejores jugadores para mejorar la pertinencia del jugador.
- Al finalizar la evaluación del nivel 12, el jugador puede ver la retroalimentación de todos los niveles, para que comprenda en qué nivel tuvo mejor, o peor puntaje. Esto permite incentivar su aprendizaje y rendimiento en la zona de juegos.

3. Detalle de diseño visual

El diseño visual se logró gracias a la intervención de dos diseñadoras gráficas, cuyo proceso de entrega se realizó iterativamente a través de la validación del dueño de la empresa, la desarrolladora y dos usuarios. Las entregas se dividieron en los recursos necesarios para cada menú de la aplicación, estos eran evaluados en conjunto por el dueño de la empresa, la desarrolladora y los usuarios, se presentaban las sugerencias de diseño, se implementaban o corregían errores y se planeaba nuevamente la entrega. Esto permitió entregar un diseño visual de experiencia inmersiva a los usuarios finales.

4. Explicación de los paquetes.

5. Dado que los paquetes ya se encontraban descritos antes de la imagen de los mismos, se pone una flecha en cada uno para evidenciar mejor la ubicación de los paquetes mencionados en la descripción. Ejm:

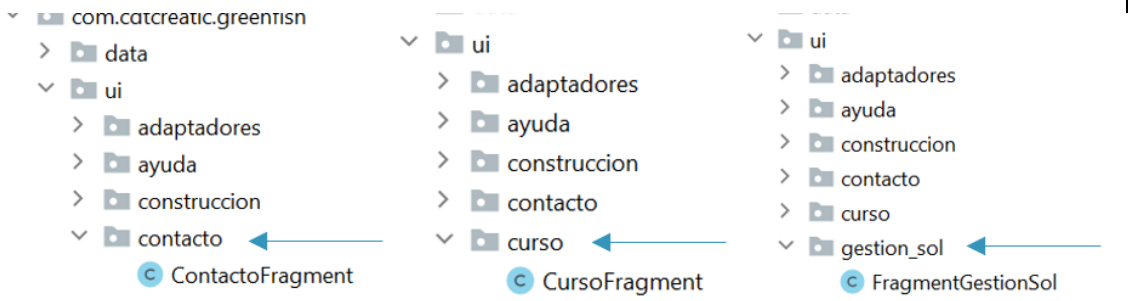

Fig. 32. Paquetes contacto, curso y gestion_sol

6. Especificación de usuarios de prueba, se mejora la redacción de la prueba

Para poder analizar la accesibilidad y usabilidad de la aplicación se toma como base a 10 personas, divididas en 2 grupos de 5 para el desarrollo del taller, teniendo en cuenta que el número de usuarios para encontrar problemas de usabilidad es 5, propuesto por Jakob Nielsen[58], se itera con ellos de manera periódica hasta solucionar los problemas encontrados dentro de la evaluación planteada. El objetivo de la prueba es que los usuarios interactúen con el recurso desarrollado y luego a partir de la experiencia, inspeccionen el cumplimiento de las pautas de accesibilidad y usabilidad definidas.

7. Se arregla la mención de las figuras 63 y 64.

Atentamente,

Yuli Sidney Garcés Bolaños

Estudiante

Gabriel Elías Chanchí G.

Gabriel Elías Chanchí Golondrino

Director

Datos de la estudiante:

Nombre: Yuli Sidney Garcés Bolaños

Dirección: Calle 48n No. 9 – 126 Torres de Milano Popayán – Cauca

Correo electrónico: yulagarces@gmail.com

Teléfono fijo: 8364034

Teléfono celular: 3003280663

Profesión: Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones – Universidad del Cauca

Empresa: Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. Docente investigación.

Construcción de un recurso educativo “Mobile Learning” con elementos de gamificación, basado en pautas de accesibilidad y usabilidad para la empresa del sector acuícola GREENFISH S.A.

Yuli Sídney Garcés Bolaños

Proyecto de grado para optar al Título de Magíster en Ingeniería de Software

Director: Gabriel Elías Chanchí G. Ph.D.

Pontificia Universidad Javeriana de Cali
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Software
Cali - Colombia
2021

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

I. INTRODUCCION 9
A. Planteamiento del Problema 9
B. Objetivos 10
1) Objetivo General: 11
2) Objetivos Específicos: 11
C. Justificación 11
D. Alcance y limitaciones 12
1) Alcance 12
2) Limitaciones 13
3) Entregables 13
E. Antecedentes 13
F. Marco Conceptual 16
1) Accesibilidad 16
2) Usabilidad 17
3) Aprendizaje Móvil (Mobile Learning/m-learning) 17
4) Gamificación: 18
II. DEFINICIÓN DE PAUTAS DE ACCESIBILIDAD Y USABILIDAD DEL RECURSO DE APRENDIZAJE GAMIFICADO 19
A. Definición de la población objetivo 19
B. Pautas y recomendaciones de accesibilidad consideradas 19
1) Principio 1. Perceptible: 19
2) Principio 2. Operable: 21
3) Principio 3. Comprensible: 22
4) Principio 4. Robusto: 23
C. Adaptación de heurísticas de usabilidad 24
D. Diseño y Caracterización del Recurso Educativo 31
1) Proceso 1, sistema DFT (Cultivo de plantas) 32
2) Proceso 2, Sedimentador (Clarificador): 33
3) Proceso 3. Biofiltro: 34
4) Proceso 4. Tanque 35
5) Zona de juegos - Gamificación: 35
1) Indicaciones: 37
2) Recomendaciones: 37

3) Alertas: 37
4) Zona de juegos: 37
III. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA 39
A. Scrum 39
B. XP 39
C. Scrum y XP 40
1) Fase I: PreGame. Definición de historias de usuario. Product backlog: 41
IV. IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA. 48
A. Fase II: Game 48
B. Fase III: PostGame 65
V. EVALUACIÓN DE ACCESIBILIDAD Y USABILIDAD 66
A. Taller 66
1) Cuestionarios: 66
B. Desarrollo de la inspección 71
C. Análisis de resultados. 72
1) Usabilidad 73
2) Accesibilidad: 83
VI. VALIDACIÓN DE APROPIACIÓN DE CONOCIMIENTO DEL RECURSO EDUCATIVO 88
A. Taller apropiación de conocimiento: 88
B. Análisis de Datos. 89
VII. CONCLUSIONES 92
A. Recomendaciones 93
B. Trabajos Futuros 93

LISTA DE TABLAS

Tabla I. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA EL PRINCIPIO PERCEPTIBLE 20
Tabla II. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA EL PRINCIPIO OPERABLE 22
Tabla III. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA EL PRINCIPIO COMPRENSIBLE. 23
Tabla IV. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA EL PRINCIPIO ROBUSTO 24
Tabla V. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH 25
Tabla VI. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH2 25
Tabla VII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH3 26
Tabla VIII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH4 26
Tabla IX. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH5 27
Tabla X. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH6 27
Tabla XI. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH7 28
Tabla XII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH8 29
Tabla XIII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH9 29
Tabla XIV. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH10 30
Tabla XV. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH11 30
Tabla XVI. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH12 30
Tabla XVII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH13 31
Tabla XVIII. SISTEMA DFT CULTIVO DE PLANTAS 32
Tabla XIX. SISTEMA SEDIMENTADOR 33
Tabla XX. SISTEMA BIOFILTRO 34
Tabla XXI. SISTEMA TANQUE 35
Tabla XXII. LISTADO DE DESEOS DE LOS USUARIOS 43
Tabla XXIII. LISTADO DE REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES 44
Tabla XXIV. LISTADO DE FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA 59
Tabla XXV. LISTADO CASOS DE PRUEBA DE CAJA NEGRA 61
Tabla XXVI. LISTADO CASOS DE PRUEBA EXPLORATORIOS 62
Tabla XXVII. LISTADO DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN USABILIDAD 67
Tabla XXVIII. LISTADO DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN ACCESIBILIDAD 70
Tabla XXIX. PROPUESTA DE MEDICIÓN DE SATISFACCIÓN 72
Tabla XXX. PROMEDIO VISIBILIDAD DEL SISTEMA 73
Tabla XXXI. PROMEDIO CORRESPONDENCIA ENTRE LA APLICACIÓN Y EL MUNDO REAL 74
Tabla XXXII. PROMEDIO CONTROL Y LIBERTAD DEL USUARIO 75
Tabla XXXIII. PROMEDIO COHERENCIA Y NORMAS 76
Tabla XXXIV. PROMEDIO PREVENCIÓN DE ERRORES 77
Tabla XXXV. PROMEDIO MINIMIZAR LA MEMORIA DEL USUARIO 78
Tabla XXXVI. PROMEDIO PERSONALIZACIÓN Y ACCESOS DIRECTOS 79
Tabla XXXVII. PROMEDIO EFICIENCIA DE USO Y RENDIMIENTO 79
Tabla XXXVIII. PROMEDIO DISEÑO ESTÉTICO Y MINIMALISTA 80
Tabla XXXIX. PROMEDIO AYUDAR A LOS USUARIOS 81
Tabla XL. PROMEDIO AYUDA Y DOCUMENTACIÓN 81
Tabla XLI. PROMEDIO INTERACCIÓN AGRADABLE Y RESPUESTA AL USUARIO 82
Tabla XLII. PROMEDIO PRIVACIDAD 83
Tabla XLIII. PROMEDIO GENERAL USABILIDAD 83
Tabla XLIV. PROMEDIO PERCEPTIBLE 84
Tabla XLV. PROMEDIO OPERABLE 85

Tabla XLVI. PROMEDIO COMPRENSIBLE 86
Tabla XLVII. PROMEDIO ROBUSTO 87
Tabla XLVIII. PROMEDIO GENERAL DE ACCESIBILIDAD 87
Tabla XLIX. RESULTADOS GENERALES PRE Y POST 89

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Guía de accesibilidad para el contenido web WCAG2.0, resumen. 24
Fig. 2. Interfaces de alto nivel del recurso educativo 37
Fig. 3. Propuesta de desarrollo de software: Scrum combinado con XP. 40
Fig. 4.Interfaces de alto nivel perfil dueño del producto - ingeniera 41
Fig. 5. Interfaces de alto nivel perfil diseño. 42
Fig. 6. Mobile Operating System Market Share Colombia 45
Fig. 7. Logo sistema operativo Android 45
Fig. 8. Logo IDE de desarrollo Android Studio 46
Fig. 9. Logo Firebase 46
Fig. 10. Logo Cloud Firestore 46
Fig. 11. Logo SQLite 46
Fig. 12. Arquitectura GreenFishApp 47
Fig. 13. Trello inicial, detalle general 48
Fig. 14. Tablero Trello, definición de historia de usuario. 49
Fig. 15. Tablero Trello, definición de criterios de evaluación. 50
Fig. 16. Tablero Trello, definición de actividades. 50
Fig. 17. Tablero Trello, en el proceso. 50
Fig. 18. Componentes del sistema. 51
Fig. 19. Proyecto GreenFishApp. Firebase 51
Fig. 20. Acceso a autenticación de servidores de correo Google 52
Fig. 21. Colección users 52
Fig. 22. Colección rankings 52
Fig. 23. Índices de campo único 53
Fig. 24. Índices compuestos 53
Fig. 25. Paquete data 53
Fig. 26. Paquete database 54
Fig. 27. Paquete model 54
Fig. 28. Paquete repository 54
Fig. 29. Paquete ui 55
Fig. 30. Paquetes adaptadores y ayuda 55
Fig. 31. Paquete construcción 55
Fig. 32. Paquetes contacto, curso y gestion_sol 56
Fig. 33. Paquetes gestion_users y granja 56
Fig. 34. Paquete mantenimiento 57
Fig. 35. Paquetes modelo, puntos y ranking 57
Fig. 36. Paquete rankingJuegos y sesion 58
Fig. 37. Componente res 58
Fig. 38. Pantalla final Trello 65
Fig. 39. Pasos taller de inspección de usabilidad y accesibilidad 66
Fig. 40. Foto sensibilización del proyecto 71
Fig. 41. Fotos inspección usabilidad y accesibilidad 72

Fig. 42. Ejemplo pregunta cuestionario 72
Fig. 43. Gráfica resultados heurística visibilidad del sistema 73
Fig. 44. Gráfica resultados heurística correspondencia entre la aplicación y el mundo real..... 74
Fig. 45. Gráfica resultados heurística control y libertad del usuario 75
Fig. 46. Gráfica resultados heurística coherencia y normas..... 76
Fig. 47. Gráfica resultados heurística prevención de errores 77
Fig. 48. Gráfica resultados heurística minimizar la memoria del usuario..... 78
Fig. 49. Gráfica resultados heurística personalización y accesos directos..... 78
Fig. 50. Gráfica resultados heurística eficiencia de uso y rendimiento 79
Fig. 51. Gráfica resultados heurística diseño estético y minimalista..... 80
Fig. 52. Gráfica resultados heurística ayudar a los usuarios 80
Fig. 53. Gráfica resultados heurística ayuda y documentación 81
Fig. 54.Gráfica resultados heurística interacción agradable y respetuosa..... 82
Fig. 55. Gráfica resultados heurística privacidad 83
Fig. 56. Gráfica resultados principio perceptible..... 84
Fig. 57. Gráfica resultados principio operable 85
Fig. 58. Gráfica resultados principio comprensible..... 86
Fig. 59. Gráfica resultados principio robusto..... 87
Fig. 60. Estudio validación de conocimiento 88
Fig. 61. Pantalla reunión meet validación..... 89
Fig. 62. Diagrama lineal resultados generales pre y post test 90
Fig. 63. Gráfico análisis respuestas pre - post..... 91
Fig. 64. Análisis cantidad de respuestas correctas individual 91

ANEXOS

Anexo A. Guía de accesibilidad para contenido web
Anexo B. Prototipo.
Anexo C. Plan de Pruebas.
Anexo D. Manual de Usuario
Anexo E. GreenFish.apk. Instalador
Anexo F. Historias de Usuario
Anexo G. Requisitos No Funcionales
Anexo I. Carta de aceptación artículo.
Anexo J. Resolución registro de software.

Palabras clave:
Cultivos acuapónicos, aplicaciones móviles, m_learning, pautas de accesibilidad y usabilidad para dispositivos móviles, gamificación.

ABSTRACT

This project proposes the construction of an educational resource that teaches about aquaculture processes (breeding of water species under human intervention), presented to the end user through a mobile m-learning application whose basis is the dynamics of distance education. Taking into account that the user experience is the fundamental basis for the success of the project, it is proposed to improve it through the design and implementation of accessibility and usability guidelines that are proposed for mobile applications.

Thanks to the fact that gamification allows to take the mechanics of games to more serious environments such as education and work, it is proposed that the m-learning application has game-oriented elements, so the user will have the feeling of playing while acquiring knowledge. This will allow, according to the previous research, that the user will be immersed in the application while he wins challenges, competes, advances, gains points, and his learning process is evaluated and feeds back.

For the case study, the project is accompanied by the company of the aquaculture sector GREEN FISH S.A.S, who will guide the design of the educational resource and the validation of the product applied in a specific population of the Cauca's Department.

Resumen

En este proyecto se plantean recomendaciones de usabilidad y accesibilidad para aplicaciones móviles basadas en las pautas de accesibilidad para el contenido web 2.0 (WCAG) y la Norma Técnica de Colombia NTC 5854, y el cumplimiento de heurísticas basadas en la propuesta de Jacob Nielsen sobre la evaluación de usabilidad de los sistemas. Se propone una arquitectura para la implementación de las recomendaciones a través de tecnologías de acceso libre, en una aplicación desarrollada para la empresa Green Fish S.A.S, enfocada en la presentación de un recurso educativo que contiene elementos de gamificación para la enseñanza y aprendizaje de las temáticas:

- Construcción de cultivos acuapónicos
- Indicaciones para el mantenimiento de cultivos acuapónicos.

Para el proceso de validación de la aplicación se lleva a cabo una inspección de usabilidad/accesibilidad con un grupo de 5 personas para cada uno y un estudio cuasiexperimental con 40 personas para el análisis de aprehensión de conocimientos luego de la exploración del aplicativo móvil. Los resultados fueron exitosos y se presentan en el análisis de los resultados del proceso.

I. INTRODUCCION

Un cultivo acuapónico es conocido como un sistema de producción de alimento como peces y hortalizas en el mismo espacio a través de la recirculación del agua, convirtiéndolo en un proceso sostenible. Puede hacer uso de aguas lluvias, los productos son libres de pesticidas y/o agrotóxicos y no hay contaminación del medio ambiente. Aprovechando al máximo los recursos naturales se pueden obtener productos saludables, en menor tiempo y con una mejor calidad. Potenciando los sistemas acuapónicos con energías renovables, es posible generar procesos 100% sostenibles que fortalecen la seguridad alimentaria de las personas y son acordes al cuidado del medio ambiente[1].

GREENFISH S.A. es una granja acuícola dedicada al desarrollo sostenible y mejoramiento de la industria acuícola en Colombia, con experiencia de más de 5 años en el sector. Su proceso inmiscuye el diseño, instalación y manejo de sistemas acuapónicos a través de tecnología aplicada en la acuicultura para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la actividad. Son proveedores de sistemas de producción acuícola, ofrecen servicios de asesoría, capacitación, comercialización de insumos, investigación y granja comercial. En este momento se encuentran categorizados como Negocio Verde del Ministerio del Medio Ambiente, apoyados por la CRC y el Fondo Emprender del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA[2].

Actualmente la empresa ha encontrado una falencia en la capacitación sobre la construcción y mantenimiento de los sistemas de producción acuapónica debido a la cantidad de clientes que compran dicho producto y pierden el contacto del proveedor; generalmente estos clientes no cuentan con computadores de escritorio o portátiles, o con acceso a internet. Es así como GREENFISH, decide innovar a partir de la creación de un recurso educativo para el aprendizaje a través de dispositivos móviles, que contenga elementos de gamificación y a su vez esté basado en pautas de usabilidad y accesibilidad para garantizar la satisfacción y mantenimiento del cliente. La propuesta educativa se encuentra enfocada en dos momentos; en el primer momento se especifica la construcción de un sistema acuapónico unifamiliar a través del paso a paso de la instalación de este, con materiales y herramientas de fácil adquisición, y un segundo momento con las indicaciones y recomendaciones para el manejo y mantenimiento del sistema final construido.

A. Planteamiento del Problema

En Colombia existe poca capacidad para la investigación e innovación como consecuencia de una baja inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) comparado con grandes potencias científicas y tecnológicas [3]. Sin embargo, existe una riqueza cultural, biodiversidad, potencial de producción de alimentos y colaboración científica como otros factores que hacen que el país tenga un gran número de oportunidades para incrementar el desarrollo sostenible de las comunidades. La acuicultura aporta más del 27% del total de la producción pesquera a nivel nacional dedicada principalmente a los mercados internos con productos como tilapia, cachama y trucha y un mercado externo dedicado específicamente a la exportación del camarón [4]. Esta actividad ha sido limitada por los escasos recursos inyectados a los proyectos de investigación e innovación asociados a la generación de conocimiento para ofertar una mejor calidad de productos. La acuicultura con una producción piscícola en continuo crecimiento a nivel nacional, se perfila como uno de los sectores más importantes del sector agroindustrial [5]. Con la creación de la Asociación Académica Colombiana de Acuicultura(ACCUA) en el Latin American & Caribbean Aquaculture 2018(LAQUA18) y del VIII Congreso Colombiano de Acuicultura, se busca mejorar la producción de especies exóticas y nativas a través de la implementación de tecnologías sostenibles en diferentes regiones del país [4].

El Departamento del Cauca cuenta con un extenso territorio de 29308 km² situado en el nudo cordillerano andino y el nacimiento de dos grandes ríos interandinos: El Cauca y el Magdalena, convirtiéndolo en un Departamento rico en biodiversidad y fuentes hídricas. Esto permite que el sector rural cuente con un potencial suficiente para garantizar la sostenibilidad de sus comunidades y la inclusión de trabajo decente y crecimiento económico de las mismas. Aun así, problemáticas como el conflicto social, la tenencia de tierras, la poca inversión, la falta de educación y capacitación de las personas hacen que este sector se vea afectado y alejado de otros sectores del país. En este sentido, la tecnificación de los cultivos, la innovación en la implementación de metodologías amigables con el ambiente que no son ajenas al departamento, son soluciones tecnológicas que ayudan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible(ODS) propuesto por la ONU [6], sin embargo, no son suficientes para abastecer las necesidades de la mayor parte de la comunidad.

Por otra parte, la metodología de aprendizaje M-learning ha venido tomando fuerza gracias al acceso a la información sin barreras geográficas y la adquisición de equipos como celulares o tabletas; la educación a distancia o educación virtual ha mejorado la cobertura académica y es una forma en como las personas deciden adquirir conocimientos específicos en pro de mejorar sus habilidades o capacidades para el entorno en el que se desenvuelven [7]. Lamentablemente el 67% de los estudiantes no concluyen sus estudios [8], existe un alto nivel de deserción precoz, temprana o tardía por el tiempo que toma el proceso o por problemas internos en el programa académico. Algunos factores que inciden en el abandono del proceso educativo se destacan la falta de compromiso, la poca capacidad de organización del tiempo, las relaciones entre compañeros, la integración académica y social, la duración del programa de formación, el tipo de evaluación, los materiales presentados, el ineficiente dominio técnico del uso de las plataformas de acceso y las características demográficas del estudiante [9]. En este sentido, deben proponerse soluciones tecnológicas de aprendizaje enfocadas no solo en su funcionalidad, sino en el diseño centrado en el usuario, enriqueciendo el proceso mediante la inclusión de directrices de usabilidad y accesibilidad que proporcionen un sistema perceptible, operable, comprensible y robusto [10] diseñado para obtener la efectividad, eficiencia y satisfacción en el resultado final de la aplicación [11] y orientado a la inmersión del estudiante en la apropiación de conocimiento a través de la selección de mecánicas de juegos llevadas a su entorno educativo [12].

Se requiere de la investigación, innovación y construcción de herramientas tecnológicas diseñadas con el fin de apropiar conocimiento no solo en las empresas ya tecnificadas, sino en las zonas rurales con asentamientos de personas que no cuentan con el saber de todos los procesos acuícolas, que pueden ver en este sector una solución económica sostenible que les permita mejorar su calidad de vida, bajo el enfoque de producción y sostenibilidad responsable.

Dentro del estudio previo realizado, no se encuentran sistemas de innovación que permitan capacitar a las comunidades en procesos de producción acuícola responsable que cuenten con elementos o metodologías que garanticen la permanencia de las personas en su proceso de aprendizaje o que tengan en cuenta algunas de sus limitaciones, asociadas al contexto del individuo y de la comunidad en cuanto a accesibilidad de la tecnología.

B. Objetivos

En este sentido se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar un recurso educativo que facilite la apropiación de conocimiento sobre acuicultura sostenible y amigable con el medio ambiente y la interacción del usuario, para comunidades específicas dentro del departamento del Cauca?

1) Objetivo General:

Construir un recurso educativo de aprendizaje móvil con elementos de gamificación, basado en pautas de accesibilidad y usabilidad, para la empresa del sector acuícola GREENFISH S.A.

2) Objetivos Específicos:

- Definir un conjunto de pautas de accesibilidad y usabilidad para la creación de contenidos tipo "Mobile-learning" para la construcción de recursos educativos enfocados en la acuicultura.
- Implementar una propuesta de arquitectura basada en las pautas obtenidas para un recurso educativo m-learning definido por la empresa GREEN FISH SAS.
- Validar la apropiación de conocimiento haciendo uso de la herramienta desarrollada en un caso de estudio bajo la supervisión de la empresa acuícola GREEN FISH SAS.

El desarrollo de los objetivos propuestos se llevará a cabo a través de 5 Capítulos que comprenderán primero las recomendaciones de accesibilidad y usabilidad para el desarrollo de aplicaciones móviles aplicadas al recurso de aprendizaje propuesto, segundo el diseño de la arquitectura en una propuesta combinada del marco de trabajo SCRUM y una metodología XP, tercero la implementación de esa arquitectura propuesta a través de herramientas tecnológicas libres, la aplicación de buenas prácticas de desarrollo de software y la ejecución de un plan de pruebas, cuarto la evaluación del producto final a través de una inspección de usabilidad/accesibilidad junto a su respectivo análisis y finalmente quinto la validación de apropiación de conocimiento del recurso educativo a través de un estudio cuasiexperimental con una población establecida. A continuación, se presenta la ejecución de los capítulos para la ejecución y consecución de los objetivos de este proyecto.

C. Justificación

Dentro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) avalados y aceptados como grandes propósitos sociales, económicos y medioambientales por 193 países incluyendo a Colombia para mejorar las condiciones de vida en el mundo [13] se encuentran objetivos como: educación de calidad para garantizar una educación inclusiva, y promoción de aprendizaje durante toda la vida; Trabajo decente y crecimiento económico; Industria, innovación e infraestructura; ciudades y comunidades sostenibles para lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros y sostenibles; producción y consumos responsables entre otros. Todos estos objetivos entran dentro de la agenda de acción de todos los países a 2030.

En cuanto a ciencia, el "Scientific Advisory Board of the UN Secretary-General (SAB) publica un informe en el que reconoce el rol crucial de la ciencia para el desarrollo sostenible" [13] y propone establecer metas específicas sobre ciencia dentro de los ODS y considerar a la ciencia no solo como herramienta de implementación sino como un bien público. A nivel de tecnología uno de los mecanismos propuestos se refiere a la transferencia de tecnología para la solución de problemas específicos. Respecto a la innovación, se apoyan propuestas para el desarrollo de proyectos con tipos de innovación no tradicionales como la inclusiva, social y abierta.

El Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022, Pacto por Colombia, pacto por la equidad, tiene como uno de sus objetivos dentro de la escena global de política exterior responsable, innovadora y constructiva,

ser referente internacional en materia de sostenibilidad, ciencia, tecnología e innovación (CTI), emprendimiento y turismo, a través de la implementación de estrategias como la asignación de recursos complementarios a las acciones diplomáticas para que Colombia sea un referente cultural, educativo, ambiental, turístico y en materia de CTI [14].

El Plan Departamental de Desarrollo 2020 – 2023 de la Gobernación del Cauca: 42 motivos para avanzar [15] evidencia un crecimiento económico del 2.3% respecto al año 2017 que representa un 1.77% del PIB Nacional. Las actividades económicas como agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y la producción de peces en criaderos y granjas piscícolas tienen una participación del 12.9% del PIB departamental. Sin embargo, existe una baja competitividad debido a la desigualdad de la distribución de la tierra, la informalidad en su tenencia y los altos costos de producción. Se debe mejorar la capacidad de producción de los emprendimientos pequeños y no formalizados, teniendo en cuenta el medio ambiente y el desarrollo sostenible contribuyendo a los ODS y a pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo del Plan Nacional de Desarrollo.

La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [16], organización a la que Colombia pertenece, establece a la acuicultura como el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento y representa el 50% de pescado destinado a la alimentación a nivel mundial. Los componentes nutricionales provenientes del pescado son una buena fuente de proteínas, ácidos grasos, vitaminas, minerales y micronutrientes esenciales y las plantas acuáticas son un recurso igual importante. La producción acuícola ha mostrado un cambio dinámico los últimos 30 años, evidenciando la disminución de la pesca de captura, lo que potencia el crecimiento futuro del sector pesquero a través de la acuicultura. Para una acuicultura sostenible se necesita entre otros: “Gestionar el medio ambiente en beneficio de las generaciones futuras, asegurar un desarrollo ordenado de la acuicultura, así como una buena organización por parte de las autoridades y la industria”.

Contar con estrategias regionales que inmiscuyan ciencia, tecnología e innovación, apoyan al fortalecimiento de los diferentes sectores como el rural en su área agroindustrial a través del desarrollo tecnológico, permiten incrementar la generación de conocimiento, la sostenibilidad de las comunidades para mitigar el hambre y mejorar su calidad de vida.

Esta propuesta se enmarca en el área estratégica de tecnología móvil que apoya al fortalecimiento de la industria TIC del Departamento del Cauca a través de la investigación de tecnologías priorizadas a nivel nacional e internacional. El dominio de la investigación es la agroindustria apoyada por la estrategia de Fortalecimiento de la Industria de Tecnologías de Información FITI, en donde se identifica este sector dentro de los mercados priorizados a nivel nacional e internacional [17].

D. Alcance y limitaciones

1) Alcance

Construir un solo recurso educativo “Mobile learning” con la propuesta de accesibilidad y usabilidad para un grupo focal de personas seleccionadas por la empresa GREENFISH S.A. El recurso educativo debe contar con elementos de gamificación.

2) Limitaciones

- El grupo focal es seleccionado por la empresa GREENFISH S.A y su localización será dentro de los municipios cercanos al área de Popayán.
- El recurso educativo será desarrollado únicamente para dispositivos móviles con sistema operativo Android.
- Los recursos digitales y material educativo para la propuesta serán administrados por la empresa GREENFISH S.A.

3) Entregables

- Recurso educativo para la acuicultura sostenible.
- Archivo de instalación para celulares con sistema operativo Android.
- Manuales de usuario e instalación.
- Documento final de desarrollo de proyecto.

E. Antecedentes

Dentro de la investigación realizada alrededor de estudios sobre aplicaciones móviles con aproximaciones de tipo enseñanza/aprendizaje que comprendieran el objetivo de este proyecto se encontraron los siguientes resultados:

En [18], se hace un análisis sobre la tendencia del desarrollo de aplicaciones móviles por parte de expertos a nivel mundial a través del análisis de cientos de aplicaciones, con el objetivo de construir aplicaciones de enseñanza/aprendizaje que logren llegar al público objetivo seleccionado. Uno de sus capítulos: tecnologías de base para el m-learning, se centra en la explicación de las características propias de este tipo de aprendizaje, concluyendo que un sistema basado en esta tecnología debe tener: movilidad, ubicuidad, adaptabilidad, conectividad, debe permitir el aprendizaje social, identificar el contexto de aplicabilidad y presentar al usuario la multimodalidad. Las tecnologías propuestas por este capítulo para lograr una verdadera aplicación de tipo m-learning son: tecnología de desarrollo de aplicaciones móviles, servicios basados en la ubicación, realidad virtual/realidad aumentada, usabilidad, tecnología basada en la recomendación y personalización, redes sociales, ontología, tecnología sensible al contexto e inteligencia artificial. Las conclusiones de este capítulo en específico sirven de guía como características para tener en cuenta en la construcción del recurso educativo m-learning propuesto.

La publicación [19] presenta una de las conclusiones de la enseñanza de lenguajes de programación a través de una aplicación móvil basada en elementos de gamificación; los resultados tuvieron un impacto positivo para los estudiantes en su aprendizaje, sin embargo, demostraron la necesidad de mejorar ciertos aspectos para motivar al estudiante en el aprendizaje y la potencialidad de la aplicación como alternativa para la enseñanza de lenguajes de programación. La aplicación enseña una temática considerada difícil a través de una metodología m-learning a través de la implementación de mecánicas de juegos en ambientes de aprendizaje. Los resultados obtenidos en este artículo servirán de análisis para la elaboración de la aplicación con elementos de gamificación propuesta.

En [20] se identifican los elementos de las mecánicas de juego a implementar en aplicaciones de aprendizaje ubicuo en cualquier momento y lugar. Conseguir una meta, las reglas y esencia del juego, el pensamiento dentro del juego para la toma de decisiones, la colaboración, la recompensa y la competencia, la retroalimentación, así como el progreso en niveles y la narración, son elementos propuestos para implementar en el diseño y desarrollo de aplicaciones m-learning que muestran un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes. Las características y elementos propuestos dentro de este estudio serán evaluados dentro del desarrollo de esta propuesta m-learning basada en elementos de gamificación.

Por otra parte, [21] muestra la implementación de materiales y métodos alrededor del Framework Abierto de Accesibilidad (OAF - Open Accessibility Framework) en el desarrollo de un kit de herramientas para accesibilidad propuestas para android. Una de estas herramientas utilizadas para las recomendaciones de accesibilidad dentro del diseño de interfaces gráficas en una aplicación móvil android y la otra para la construcción de estas dentro de Android Studio. El artículo muestra un conjunto de pasos realizados dentro del proyecto para poder generar aplicaciones accesibles y la validación de las herramientas en un grupo focal de usuarios con problemas de visión. Finalmente, se concluye que el uso de estas herramientas incrementó la velocidad de desarrollo de las aplicaciones en un 18% teniendo en cuenta la mayor parte de pautas de accesibilidad propuestas por la Iniciativa de Accesibilidad Web (W3C WAI) adaptadas a aplicaciones móviles y propone una guía para su desarrollo. Estas herramientas de desarrollo se tendrán en cuenta en la fase de diseño y desarrollo de la propuesta m-learning.

El artículo [22] publicado como capítulo de libro, muestra el análisis de dos métodos de prueba de usabilidad aplicados a una herramienta m-learning que tiene en cuenta los principales factores de la Interfaz Humano Computador (HCI), desarrollada para personas con algunas necesidades especiales. El artículo muestra una guía de prueba de pautas de accesibilidad tomadas de la Iniciativa de Accesibilidad Web (W3C WAI) y su aplicación específica para ser implementada en aplicaciones tipo m-learning, además, muestra el diseño de la aplicación aplicando los factores de la propuesta interacción humano computador y finalmente la validación a través de pruebas de usabilidad en un caso de estudio. El artículo concluye con una viabilidad en la obtención de accesibilidad en aplicaciones móviles y las características a utilizar para mejorar el aprendizaje. Este artículo servirá de referencia para el estudio sobre las pautas de accesibilidad en la aplicación m-learning propuesta.

Así mismo, en [23] se realiza un estudio sobre aplicaciones para el comercio, juegos, para redes sociales, aplicaciones para bancos, para libros y para nuevas aplicaciones como las de enseñanza/aprendizaje. El estudio concluye con un conjunto de características comunes a todas las aplicaciones mencionadas anteriormente para que cumplan con los estándares de usabilidad: velocidad, interfaz gráfica interactiva, tolerancia a errores, menor consumo de memoria de almacenamiento, fácil de usar, eficiencia, estética, consumo de batería, actuación, eficacia, dependencia de la plataforma. Para lograr implementar todos estos factores en la aplicación móvil, propone el diseño de la aplicación teniendo en cuenta técnicas y métodos para la toma de decisiones basados en la jerarquía de los factores para implementar, o la complejidad de estos creando relaciones entre factores y tomar decisiones de desarrollo. Los factores de usabilidad propuestos por este estudio serán objeto de análisis en el diseño de la aplicación m-learning.

En [24], se realiza un análisis de los resultados obtenidos en 42 publicaciones acerca de la usabilidad sobre aplicaciones enfocadas en m-learning. A pesar de que las conclusiones muestran que aún existe mucho trabajo por realizar sobre la temática pues no se encuentra un estudio específico que sirva de base práctica o metodológica de implementación en el desarrollo de aplicaciones m-learning con pautas

de usabilidad correctas, concluye que dentro de las pautas generales evaluadas en este tipo de aplicaciones se encuentran 15, algunas de ellas: capacidad de aprendizaje, eficacia, memorización, tolerancia a errores, satisfacción del usuario, eficacia, simplicidad, comprensibilidad y rendimiento del aprendizaje. Al ser un análisis enfocado en los estudios realizados publicados en las mejores revistas a nivel mundial, las pautas encontradas en las conclusiones serán objeto de análisis en el diseño y desarrollo de la propuesta m-learning de este proyecto.

En cuanto a la evaluación de la usabilidad [20] propone luego de la revisión sistemática de 31 artículos, una disposición de los factores de usabilidad por heurísticas de usabilidad basadas en las tareas a realizar, el usuario y el contexto. Las heurísticas son: la visibilidad del estado del sistema, la correspondencia entre el mundo real y la aplicación, control y libertad del usuario, consistencia y estándares, prevención de errores, minimizar la carga de memoria de usuario, personalización y atajos, eficiencia de uso y rendimiento, diseño estético y minimalista, ayuda al usuario a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores, interacción agradable y respetuosa con el usuario y privacidad. La evaluación a través de estas heurísticas se analizará para la validación de la aplicación m-learning a desarrollar en este proyecto.

Por otro lado [25] es un artículo que muestra los resultados de la propuesta de 3 arquitecturas que tienen como objetivo implementar los requisitos de los componentes principales que satisfagan el contexto m-learning, y los métodos para realizar la evaluación de la arquitectura alrededor de los atributos de calidad y escenarios de m-learning. A pesar de que es basado en la arquitectura para web, el proyecto presenta escenarios aplicados para la enseñanza/aprendizaje dentro de dispositivos móviles. Bajo un caso de estudio se demuestra que la arquitectura seleccionada cumple con las condiciones de éxito de la aplicación. Gracias a que los resultados son positivos, se dará análisis a cada arquitectura de referencia propuesta como punto de inicio de la arquitectura de este proyecto.

En el artículo [26], se presentan los modelos funcionales de diseño para una arquitectura móvil, el ambiente de diseño, las especificaciones y los elementos de una arquitectura de software móvil. Realiza una propuesta sobre un caso de uso en aplicaciones móviles de contenido multimedia presentando los escenarios, los atributos de calidad y las conclusiones sobre su implementación. El artículo define los aspectos para tener en cuenta en el modelo de arquitectura de este tipo de sistemas, lo que permite de ser de gran aporte para la ejecución de uno de los objetivos de este proyecto, la arquitectura de referencia.

AquaSafe [27] es una aplicación móvil desarrollada bajo los estándares de m-learning, por su contenido trata de mitigar los riesgos en seguridad y salud ocupacional en el campo de la acuicultura y se finaliza la entrega del producto en 2 lenguajes, inglés y portugués. A través de quices y una lista de chequeo logra que el trabajador establezca si su espacio laboral cuenta con los estándares de salud y seguridad para el trabajo establecidos dentro de la investigación de este proyecto como correctos. Al ser una de las pocas aplicaciones desarrolladas para el entorno de la acuicultura bajo la metodología de aprendizaje m-learning, la aplicación será analizada para el diseño y de la propuesta de este proyecto.

Las aplicaciones encontradas en la Play Store de Google o cursos en línea para el aprendizaje a distancia que mostraban alguna característica relacionada para tener en cuenta en el desarrollo de esta propuesta alrededor de la acuicultura son las siguientes:

Calculadora acuícola es una aplicación que permite a través de la digitalización de los datos del ambiente general del agua, la alimentación y la producción de camarón, la obtención de parámetros como el factor de conversión del alimento, sobrevivencia, crecimiento durante la cosecha, que en su

conjunto ayudan a prevenir los impactos negativos de un trato no óptimo del cultivo de camarón. Su última actualización fue el 12 de abril de 2019 y cuenta con más de 500 descargas [28].

Aprendergratis.es [29] es un curso e-learning de acceso totalmente gratuito sobre los organismos vivos que se emplean para alimentar las especies acuícolas más comunes, cuenta con sesiones en línea, recursos audiovisuales y foros. Tiene una inscripción previa y una duración no flexible de tiempo de 5 semanas. El curso permite obtener un certificado si se paga al final una cantidad a la universidad que lo imparte.

Aquaculture Study App [30] es una aplicación que contiene un curso de estudio en línea de acuicultura que ofrece un menú desplegable con submenús y cada uno tiene información relacionada con peces, el estudio básico de la acuicultura publicado a través de imágenes y texto. El curso no es certificado, totalmente gratuito, cuenta con más de 5000 descargas y su última actualización fue el 30 de julio de 2019. La aplicación no muestra un diseño estable y no maneja diferentes lenguajes, únicamente en inglés.

La agricultura completa de pescado [31], en esta interesante aplicación se describe a través de fotos y texto toda la información sobre el mantenimiento y cría de pescados para obtener un mejor rendimiento. Se muestra el proceso y trazabilidad completa desde la preparación del suelo para el cultivo, hasta finalizar con la cosecha del producto. No es gamificada, sin embargo, presenta un diseño agradable al usuario al tener una interfaz limpia. Tiene más de 10 mil instalaciones y fue actualizada el 3 de enero de 2020.

CIBA Shrimpapp [32] es una aplicación con una base investigativa impresionante sobre la industria camaronera, que entiende el contexto de la acuicultura en su entorno de desarrollo de recursos humanos, construcción de capacidad y habilidades adquiridas a través del entrenamiento, educación y economía sustentable, viable y social. Su última actualización fue el 9 de marzo de 2020 y tiene más de 10000 instalaciones. Además, el autor muestra que su calificación general en la plataforma es en promedio 4.6 lo que le brinda seguridad al usuario en el momento de compartir datos.

GreenFish Acuicultura [33] es un sitio web que ofrece información sobre el proceso de acuicultura comercial, urbana, diseño e ingeniería y equipos para realizar acuaponía. Es una página de una empresa Caucana que publica información sobre cursos de acuaponía que son orientados de forma presencial. Dentro de los servicios ofrecidos brinda el contacto para asesoría en proyectos acuícolas, capacitación, asistencia técnica, equipos y tecnología.

Se concluye luego de realizada la investigación, que no existe una tecnología desarrollada o estudio específico que cumpla con las mismas características del objetivo de este proyecto, aun así, existe información suficiente para definir una propuesta que permita generar un recurso tipo Mobile-learning con pautas de accesibilidad y usabilidad de la web adaptadas, basado en elementos de gamificación para la enseñanza/aprendizaje de la acuicultura sostenible.

F. Marco Conceptual

1) Accesibilidad

La accesibilidad web se define como un conjunto de pautas que debe implementar un sitio web, para que el número de personas que acceden a él y puedan usarlo sea el mayor posible[34]. Según la

Iniciativa de Accesibilidad Web WAI de la W3C en su estándar WCAG 2.1[35], se definen 4 principios principales destinados a desarrolladores que deseen aplicar buenas prácticas en sus entorno web y móviles:

- Perceptible: para proporcionar alternativas textuales para contenidos no textuales, subtítulos y otras alternativas para multimedia, presentar diferentes formas, ver y oír el contenido.
- Operable: para permitir el acceso a todas las funcionalidades mediante el teclado, tiempo suficiente para leer y usar contenido, contenido que no provoque reacciones físicas, ayudar a los usuarios a encontrar el contenido y navegar, métodos de entrada diferentes al teclado.
- Comprensible: que permite mostrar texto legible y comprensible, contenido predecible, evitar y corregir errores.
- Robusto: para mantener compatibilidad con herramientas de usuario actuales y futuras.

2) Usabilidad

La usabilidad está asociada a una de las 8 características de calidad de un sistema de información de la ISO/IEC 25000:2005: SQuaRE (Software Product Quality Requirements and Evaluation)[36], se identifica como un proceso evaluado a través de métricas de efectividad, eficiencia y satisfacción en el resultado final de una aplicación de tipo software, o visto como un producto utilizado para la facilidad de aprendizaje, el recordar, navegar y operar a través de la aplicación software, siendo a su vez agradable para el usuario final. La ISO 9241:11 define a la usabilidad como como "la medida en que un sistema software, producto o servicio puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico de uso "[11]. La efectividad hace referencia al cumplimiento de los objetivos por parte del usuario, la eficiencia se refiere a la optimización de los recursos, en donde el recurso más importante es el tiempo, y finalmente la satisfacción está asociada a la comodidad y existencia de actitudes positivas del usuario hacia el software[37]. De otra parte, la ISO 9126-1 presenta la definición de usabilidad a través de proceso para evaluar sistemas de información o como producto que implementa la capacidad de ser comprendido, aprendido, usado y sea atractivo para el usuario final[36]. El atributo entendimiento se refiere a la capacidad que tiene el usuario de entender si el sistema es adecuado para lo que está buscando, y conseguir de manera fácil las tareas de la aplicación bajo condiciones normales; el atributo aprendizaje se refiere a la capacidad que tiene el usuario de aprender a usar el sistema, la forma de conseguir ese aprendizaje y la documentación habilitada dentro del sistema para este; el atributo operabilidad se refiere a la capacidad que tiene el usuario para controlar y operar las acciones propuestas dentro del sistema; el atributo atracción se entiende como la capacidad que tiene el software de ser agradable visualmente para el usuario, de tal manera que éste desee permanecer dentro del sistema; el atributo conformidad de uso se entiende como la capacidad que tiene el sistema para incorporar las normas y/o estándares asociados a usabilidad dentro de su funcionalidad;

3) Aprendizaje Móvil (Mobile Learning/m-learning)

El avance tecnológico ha impactado de una forma positiva a la educación, permitiendo que ésta se pueda realizar aún por fuera de un salón de clase[38]. Mobile learning, permite que la enseñanza y el aprendizaje se lleven a cabo en cualquier momento y lugar, de forma síncrona o asíncrona a través del acceso a materiales educativos desde un dispositivo móvil. Se diferencia del e-learning al no necesitar de un espacio físico para su desarrollo, sin embargo, se basa en el aprendizaje a distancia. Se considera que un sistema es m-learning si[39]:

- Permite el acceso a los recursos del curso en cualquier momento y lugar.
- Los usuarios que acceden a los recursos están autenticados.
- Los usuarios acceden a los recursos en diferentes formatos como voz, texto, imágenes.
- El material puede ser reutilizado.
- Los usuarios pueden realizar tareas.
- El entorno es flexible para agregar componentes adicionales.

4) Gamificación:

Se define como una técnica de aprendizaje que pretende llevar la mecánica de juegos al ámbito educativo y profesional, a través de la estructura implícita del juego conocida como la dinámica, los componentes básicos que provocan el desarrollo del juego, sus reglas, su motor y funcionamiento (mecánicas) y sus componentes como recursos con los que se cuenta para diseñar la actividad[12]. Su objetivo principal es potenciar la motivación, concentración, esfuerzo y otros valores comunes desarrollados entre los jugadores, a través de elementos como puntos, barras de progreso, avatares, rankings que involucran en el usuario sentimientos de autonomía, compromiso, competitividad y relaciones sociales[40].

a. Elementos de gamificación[41]*:*

- Metas: Definición de un objetivo o meta final. Se pueden establecer metas intermedias para conseguir la victoria final del juego, esto consigue motivar al jugador y obtener retroalimentación a medida que desarrolla habilidades.
- Mecánicas: Sintetizadas en las reglas del juego. Reglas operativas para describir cómo se juega, constructivas que indican la funcionalidad del juego, reglas implícitas o de comportamiento que rigen el contrato social, reglas de instrucción que rigen el proceso de aprendizaje.
- Estética: La visualización del entorno debe ser orientado a crear un entorno inmersivo, debe tener coherencia, atención a los detalles, contrastes sencillos o fondos coloridos.
- Pensamiento de Juego: Define la experiencia educativa en una actividad lúdica y dinámica, llevando el aprendizaje a un contexto más atractivo y dinámico.
- Recompensa y Competencia: La estructura comprende la puntuación, las insignias y las recompensas. En el entorno competitivo se refiere a la representación de puntos en un ranking en el que se demuestra superación a los compañeros de juego.
- Retroalimentación: La retroalimentación debe ser constante a través del proceso de aprendizaje, debe ser táctil, atrayente, repetible, coherente, continua, emergente, equilibrada.
- Niveles: Permite la evolución de la narrativa del juego, el fortalecimiento de las habilidades en niveles superiores y permite la motivación con el cumplimiento de pequeñas victorias.

II. DEFINICIÓN DE PAUTAS DE ACCESIBILIDAD Y USABILIDAD DEL RECURSO DE APRENDIZAJE GAMIFICADO

Para lograr abarcar el desarrollo de la propuesta generada desde el enfoque de este proyecto, es necesario definir pautas de usabilidad y accesibilidad para el desarrollo del prototipo móvil, enmarcadas dentro del aprendizaje M-Learning, las cuales permitirán guiar el proceso de diseño e implementación del aplicativo móvil, así mismo permitirán verificar la usabilidad del prototipo desarrollado mediante una inspección de usabilidad, y finalmente los elementos de gamificación a implementar para el desarrollo del recurso educativo.

A. Definición de la población objetivo

La junta directiva y los empleados de la empresa GreenFish S.A.S, logran establecer luego de un número significativo de entrevistas y el contacto directo con sus clientes, el perfil de las personas que usarán el aplicativo móvil como apoyo a sus proyectos acuapónicos, esto bajo la necesidad de definir las pautas y recomendaciones específicas para el contexto de la aplicación móvil. Dentro de la especificación del perfil se tiene:

- Los usuarios no pueden tener una deficiencia visual severa o total.
- Los usuarios no cuentan con una experticia en la manipulación de aplicaciones móviles.
- Un alto número de usuarios no sabe leer o escribir.
- Los usuarios con deficiencia visual parcial no utilizan lentes de contacto o gafas para mitigarla.

B. Pautas y recomendaciones de accesibilidad consideradas

En el caso particular de Colombia se establecen los requisitos de accesibilidad a ser aplicados en un sitio web a través de la Norma Técnica de Colombia (NTC) 5854[42], que a su vez toma como referencia las "Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) 2.0". Las pautas presentadas en nivel de conformidad A, AA y AAA (mínimamente accesibles, medianamente accesibles y totalmente accesibles) cuya normatividad es la vigente para Colombia, permiten que los contenidos mostrados a los usuarios sean comprensibles y amigables y finalmente permitan mejorar la experiencia de usuario. A continuación, se presentan los principios y pautas asociadas al nivel de conformidad A, los cuales fueron escogidos teniendo en cuenta que es el primer paso para que las empresas empiecen a articular sus recursos digitales dentro del campo de la accesibilidad. Como propuesta para el desarrollo de este proyecto, se hizo uso de la guía de referencia rápida y personalizable para cumplir las WCAG 2[43] que contiene los criterios de conformidad y las técnicas de accesibilidad para contenido web que son adaptables al contenido móvil y la guía WCAG 2.1 de forma sencilla [37].

1) Principio 1. Perceptible:

La información y la interfaz gráfica presentada al usuario deben ser presentados de tal manera que logren ser percibidos, para lo cual se realiza la siguiente propuesta[37]:

- Ítem: Alternativas textuales.
    - Objetivo: Contenidos no textuales.

Descripción: Los contenidos no textuales presentados a los usuarios deben contener una alternativa textual que cumpla su mismo propósito.

- Ítem: Medios de Comunicación Basados en el Tiempo.
  - Objetivo: Solo audio y video pregrabado.
    Descripción: Solo audio pregrabado: alternativa que presente el mismo propósito; solo video pregrabado: pista de audio que presenta la misma información.
  - Objetivo: Subtítulos pregrabados.
    Descripción: Es necesario tener subtítulos para los audios pregrabados.
  - Objetivo: Audio descripción o medios alternativos pregrabados.
    Descripción: Se debe agregar una descripción del audio del video grabado.
- Ítem: Adaptable
  - Objetivo: Información y relaciones.
    Descripción: La información, la estructura y las relaciones transmitidas a través de la presentación pueden determinarse mediante programación o están disponibles en el texto.
  - Objetivo: Secuencia significativa.
    Descripción: Programar una secuencia de lectura correcta para presentar los contenidos.
  - Objetivo: Características sensoriales.
    Descripción: El manejo del contenido y la presentación de este no solo pueden basarse en las características sensoriales como forma, color, tamaño, ubicación, orientación o sonido.
- Ítem: Distinguible
  - Objetivo: Uso del color.
    Descripción: El color no es el único medio visual para transmitir información, indicar una acción o provocar una respuesta.
  - Objetivo: Control del audio.
    Descripción: El sistema debe tener un mecanismo para controlar el volumen, diferente al control del volumen del sistema, si el sonido se reproduce por más de 3 segundos.

A partir de las pautas del principio perceptible, se definieron el conjunto de recomendaciones presentadas en la Tabla I, cada una de las cuales tiene como ID la inicial del principio y el número de la recomendación.

a) Recomendaciones:

Tabla I. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA EL PRINCIPIO PERCEPTIBLE

Id	Descripción
P1	Se recomienda que el recurso educativo presentado dentro del aplicativo móvil tenga una opción de sonido para presentar información textual.
P2	Se recomienda que el aplicativo móvil permita que el tamaño del texto y las relaciones puedan ser programadas por el usuario.
P3	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información con una

	secuencia de lectura correcta para los contenidos.
P4	Se recomienda generar ayudas contextuales para la retroalimentación de los juegos.
P5	Se recomienda que el aplicativo móvil contenga una configuración para controlar el volumen de los sonidos diferente al volumen del teléfono.

2) Principio 2. Operable:

Los componentes de la interfaz de usuario y la navegación deben ser operables[37].

- Ítem: Tiempo suficiente
  - Objetivo: Cronómetro ajustable.
    Descripción: Para cada límite de tiempo establecido para el contenido se puede realizar los siguiente: desactivar, ajustar al menos 10 veces la duración por defecto, extender con 20 segundo de tiempo para decidir, excepcionar si es clave no configurar el tiempo, excepción esencial que inhabilita la actividad o excepción de 20 horas.
  - Objetivo: Pausar, parar, esconder.
    Descripción: Cualquier información en movimiento, actualización o desplazamiento que se inicie automáticamente, dure más de cinco segundo y se presente en paralelo con otros contenidos, se debe poder pausar, para u ocultar de ser necesario. De ser actualizada de forma automática debe existir un mecanismo para pausar, detener u ocultar.
- Ítem: Convulsiones y reacciones físicas
  - Objetivo: Tres destellos o por debajo del umbral.
    Descripción: No se permite el parpadeo más de tres veces por segundo o el parpadeo está por debajo de los umbrales de parpadeo general del ojo.
- Ítem: Navegable
  - Objetivo: Bloques de derivación.
    Descripción: Existe un mecanismo para eludir bloques de contenido que se repiten en varias páginas.
  - Objetivo: Página titulada.
    Descripción: Las páginas deben tener títulos que describen el tema o propósito.
  - Objetivo: Orden del foco.
    Descripción: El orden del foco debe preservar el significado y la operabilidad.
  - Objetivo: Propósito del enlace.
    Descripción: El propósito del enlace puede determinarse por el nombre del enlace o la descripción de este.
- Ítem: Modos de entrada
  - Objetivo: Gestos con el puntero.
    Descripción: Todas las funcionalidades que utilizan gestos multipunto o basados en trayectorias pueden ser operadas con un solo puntero a menos de que sea esencial para la actividad.
  - Objetivo: Anulación del puntero.
    Descripción: La funcionalidad del puntero puede ser: sin evento de bajada, abordar o deshacer, reversión de la función, esencial.
  - Objetivo: Nombre en la etiqueta.

Descripción: Los componentes de interfaz de usuario con etiquetas que incluyan texto o imágenes de texto, el nombre contiene el texto que se presenta visualmente.

- Objetivo: Activación del movimiento.
  Descripción: La funcionalidad que puede ser operada por el movimiento del dispositivo o el movimiento del usuario también puede ser operada por los componentes de la interfaz de usuario y responder al movimiento puede ser deshabilitado.

A partir de las pautas del principio operable, se definieron el conjunto de recomendaciones presentadas en la Tabla II, cada una de las cuales tiene como ID la inicial del principio y el número de la recomendación.

a) Recomendaciones:

Tabla II. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA EL PRINCIPIO OPERABLE

Id	Descripción
O1	Se recomienda que el aplicativo móvil almacene la sesión del usuario para consultas posteriores.
O2	Se recomienda que los videos del aplicativo móvil puedan pararse, pausarse o iniciar cuando el usuario lo desee.
O3	Se recomienda que el aplicativo móvil no permita el parpadeo más de tres veces por segundo o el parpadeo esté por debajo de los umbrales de parpadeo general del ojo
O4.	Se recomienda que el aplicativo móvil permita acceder a cualquier información presentada en cualquier momento, saltando bloques de derivación.
O5.	Se recomienda que las pantallas del aplicativo móvil tengan títulos alusivos al propósito de la pantalla.
O6.	Se recomienda que el texto del enlace sea igual que el título de la pantalla mostrada.
O7.	Se recomienda que el aplicativo móvil permita mover elementos de una lista a un punto en específico si así lo requiere el juego.

3) Principio 3. Comprensible:

El contenido del texto disponible en la aplicación interactiva debe ser legible y comprensible.

- Ítem: Legible
  - Objetivo: Lenguaje de la página.
    Descripción: El lenguaje de cada página puede determinarse por programación.
- Ítem: Previsible

- Objetivo: En el foco.
  Descripción: Cuando se recibe el foco, no se inicia un cambio del contexto.
- Objetivo: En entrada.
  Descripción: El cambio de la configuración de cualquier componente de la interfaz de usuario no provoca automáticamente un cambio en el contexto a menos de previo aviso.

- Ítem: Asistencia de entrada
  - Objetivo: Identificación de errores.
    Descripción: Al detectarse automáticamente un error de entrada, debe identificarse el elemento erróneo y describir al usuario el error a través de texto.
  - Objetivo: Etiquetas o instrucciones.
    Descripción: Cuando el contenido requiere de la intervención del usuario se proporcionan etiquetas o instrucciones.

A partir de las pautas del principio comprensible, se definieron el conjunto de recomendaciones presentadas en la Tabla III, cada una de las cuales tiene como ID la inicial del principio y el número de la recomendación.

a) Recomendaciones:

Tabla III. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA EL PRINCIPIO COMPRENSIBLE.

Id	Descripción
C1	Se recomienda que el lenguaje mostrado en el aplicativo móvil sea entendible por los usuarios.
C2	Se recomienda que el cambio de foco a cualquier pantalla no inicie ninguna acción no definida por el usuario.
C3	Se recomienda que el aplicativo móvil realice cambios en el contexto luego de guardar la configuración seleccionada.
C4	Se recomienda generar mensajes de apoyo cuando el usuario cometa errores.
C5	Se recomienda que el aplicativo móvil presente instrucciones para realizar acciones diferentes a las habituales.

4) Principio 4. Robusto:

Maximice la compatibilidad del acceso de usuarios actuales y futuros, incluidas las tecnologías de asistencia.

- Ítem: Compatible
  - Objetivo: Analizar.
    Descripción: Para contenidos con lenguajes de marcación los elementos tienen etiquetas de inicio y fin completas, elementos anidados, id únicos.
  - Objetivo: Nombre, función, valor.

Descripción: Todos los componentes de interfaz de usuario, el nombre y la función pueden determinarse por programación. Los estados, valores y propiedades pueden programarse. La notificación de estados puede programarse.

A partir de las pautas del principio robusto, se definieron el conjunto de recomendaciones presentadas en la Tabla IV, cada una de las cuales tiene como ID la inicial del principio y el número de la recomendación.

a) Recomendaciones.

Tabla IV. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA EL PRINCIPIO ROBUSTO

Id	Descripción
R1	Se recomienda que el aplicativo móvil contenga los textos programables, e ides únicos en toda la programación
R2	Se recomienda que los eventos de la aplicación móvil puedan ser programadas a través de código.

La descripción completa de las pautas y criterios fue realizada en una hoja de cálculo siguiendo el formato presentado en la Figura 1, el cual se encuentra en el Anexo A. Guía de accesibilidad para contenido web.

GUIA DE ACCESIBILIDAD PARA CONTENIDO WEB WCAG 2			
Principio	**Nombre**	**Nivel**	**Descripción**
PRINCIPIO 1. PERCEPTIBLE			
La información y la interfaz gráfica presentada al usuario deben ser presentados de tal manera que logren ser percibidos.			
1.1.	**Alternativas textuales**		
1.1.1.	Contenidos no textuales	A	Los contenidos no textuales presentados a los usuarios deben contener una alternativa textual que cumpla su mismo propósito
1.2.	**Medios de Comunicación Basados en el Tiempo**		
1.2.1.	Solo audio y video pregrabado	A	Solo audio pregrabado: alternativa que presente el mismo propósito. Solo video pregrabado: pista de audioque presenta la misma información.
1.2.2.	Subtítulos pregrabados	A	Es necesario tener subtítulos para los audios pregrabados.
1.2.3.	Audiodescripción o medios alternativos pregrabados	A	Se debe agregar una descripción del audio del video grabado.
1.2.4.	Subtítulos en directo	AA	Se debe proporcionar subtítulos a los contenidos de audio en directo
1.2.5.	Descripción de audio pregrabada	AA	Autodescripción para contenido pregrabado en medios sincronizados

Fig. 1. Guía de accesibilidad para el contenido web WCAG2.0, resumen.

C. Adaptación de heurísticas de usabilidad

Una heurística de usabilidad es una pauta aplicable al diseño centrado en el usuario de aplicaciones, cuyo seguimiento es altamente recomendable. En el ámbito de usabilidad, las heurísticas más difundidas son las de Nielsen[44] quien propone 10 heurísticas de las cuales se ha adaptado este trabajo, estas permiten guiar el proceso de diseño de aplicaciones de propósito general. En este sentido para el diseño usable de la aplicación móvil, se tuvieron en cuenta las 13 heurísticas de usabilidad propuestas en [20], las cuales son una adaptación de las heurísticas de Nielsen. A continuación, se presenta la descripción de las heurísticas, así como un conjunto de recomendaciones específicas que se definieron para el diseño del aplicativo propuesto. Las heurísticas y las recomendaciones fueron usadas también para conducir una inspección de usabilidad por parte de los usuarios de la aplicación, este tipo de método utilizado

para la evaluación de la usabilidad [20], tiene como objetivo final medir la calidad de la interfaz de un sistema interactivo en concordancia con su facilidad para ser aprendido y usado por un grupo de usuarios caracterizado dentro de un contexto establecido, es de bajo costo en su implementación, se puede utilizar desde la fase de prototipado pues no requiere de planificación y es capaz de encontrar hasta el 42% aproximadamente de los problemas graves de diseño y el 32% de problemas de menor envergadura.

- Código: UH1
  Nombre: Visibilidad del estado del Sistema.
  Descripción: La aplicación debe mantener informado al usuario sobre todos los procesos y cambios de estado en tiempo real.

A partir de la heurística UH1, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla V, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla V. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH

Id	Descripción
UH1.1	Se recomienda que el aplicativo móvil responda de manera adecuada a cada una de las acciones que realiza el usuario.
UH1.2	Se recomienda que el aplicativo móvil indique la sección donde se encuentra el usuario.
UH1.3	Se recomienda que el aplicativo móvil destaque una opción seleccionada respecto de otras.
UH1.4	Los tiempos de respuesta del aplicativo móvil deben ser razonables.

- Código: UH2
  Nombre: Correspondencia entre la aplicación y el mundo real.
  Descripción: La aplicación debe hablar en el lenguaje de los usuarios, seguir las convenciones del mundo real, mostrar la información en orden lógico y natural.

A partir de la heurística UH2, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla VI, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla VI. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH2

Id	Descripción
UH2.1	Se recomienda que el aplicativo móvil esté diseñado en el idioma que indica.
UH2.2	Se recomienda que el aplicativo móvil use palabras, frases,

	conceptos, íconos e imágenes asociados al mundo real.
UH2.3	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información de forma simple, natural y en orden lógico.

- Código: UH3
  Nombre: Control y libertad del usuario.
  Descripción: La aplicación debe permitir al usuario deshacer, rehacer sus acciones de navegación y salir de cualquier estado del sistema.

A partir de la heurística UH3, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla VII, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla VII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH3

Número	Descripción
UH3.1	Se recomienda que el aplicativo móvil permita salir del proceso que se está ejecutando.
UH3.2	Se recomienda que el aplicativo móvil contenga un vínculo para regresar a la página de inicio.
UH3.3	Se recomienda que el aplicativo móvil no inicie de forma automática acciones que no han sido seleccionadas por el usuario.

- Código: UH4
  Nombre: Coherencia y normas.
  Descripción: La aplicación debe seguir las convenciones establecidas para permitir al usuario realizar las tareas de forma familiar, estandarizada y coherente.

A partir de la heurística UH4, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla VIII, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla VIII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH4

Id	Descripción
UH4.1	Se recomienda que los elementos utilizados en el todo el aplicativo móvil sean similares.
UH4.2	Se recomienda que las etiquetas de los vínculos del aplicativo móvil tengan los mismos nombres de los títulos de las pantallas a los que dirigen.

UH4.3	Se recomienda que el aplicativo móvil repita secuencias de acciones en situaciones similares.
UH4.4	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información estructurada de forma similar en todo el sistema.
UH4.5	Se recomienda que los colores del aplicativo móvil sean alusivos a los colores de la empresa.
UH4.6	Se recomienda que el contraste de los colores del aplicativo móvil sea pertinente para el descanso de la vista del usuario.

- Código: UH5
  Nombre: Prevención de errores.
  Descripción: Se deben eliminar las acciones propensas a errores y ofrecer diálogos de información adicional antes de realizar acciones.

A partir de la heurística UH5, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla IX, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla IX. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH5

Id	Descripción
UH5.1	Se recomienda que el aplicativo móvil evite que el usuario cometa errores.
UH5.2	Se recomienda que el aplicativo móvil presente mensajes fáciles de entender que prevengan posibles errores.
UH5.3	Se recomienda que los campos de datos de entrada del aplicativo móvil contengan valores por defecto cuando corresponde.
UH5.4	Se recomienda que los campos de datos de entrada del aplicativo móvil sean validados.

- Código: UH6
  Nombre: Minimizar la carga de memoria del usuario.
  Descripción: La aplicación debe proporcionar objetos visibles, acciones y opciones visibles.

A partir de la heurística UH6, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla X, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla X. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH6

Id	Descripción
UH6.1	Se recomienda que las acciones y/o funciones del aplicativo móvil sean fáciles de recordar.
UH6.2	Se recomienda que los campos de entrada del aplicativo móvil ya diligenciados mantengan la información siempre recordada.
UH6.3	Se recomienda que los principales controles de interfaz del aplicativo móvil estén siempre disponibles, visibles y sean de fácil acceso.
UH6.4	Se recomienda que los íconos utilizados dentro de la aplicación sean intuitivos.

- Código: UH7
  Nombre: Personalización y accesos directos.
  Descripción: La aplicación debe proporcionar ajustes básicos y avanzados para personalizar los accesos directos para acciones frecuentes.

A partir de la heurística UH7, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla XI, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla XI. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH7

Id	Descripción
UH7.1	Se recomienda que el aplicativo móvil incluya accesos directos que permitan minimizar el tiempo de acceso a los elementos.
UH7.2	Se recomienda que el aplicativo móvil permita personalizar a través de ajustes básicos el tamaño de la letra.
UH7.3	Se recomienda que el aplicativo móvil permita personalizar a través de ajustes básicos el volumen del audio.

- Código: UH8
  Nombre: Eficiencia de uso y rendimiento.
  Descripción: El dispositivo debe ser capaz de cargar la información en un tiempo razonable, animaciones y transiciones deben mostrarse de manera fluida.

A partir de la heurística UH8, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla XII, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla XII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH8

Id	Descripción
UH8.1	Se recomienda que el aplicativo móvil responda en un tiempo razonable a las diferentes acciones del usuario.
UH8.2	Se recomienda que el aplicativo móvil no pida información que ya ha sido solicitada en pantallas anteriores.
UH8.3	Se recomienda que el aplicativo móvil permita seleccionar opciones sin rellenar campos.
UH8.4	Se recomienda que las principales opciones permanezcan visibles al usuario o estén a primera mano.

- Código: UH9
  Nombre: Diseño estético y minimalista.
  Descripción: La aplicación debe evitar reproducción de información no deseada.

A partir de la heurística UH9, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla XIII, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla XIII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH9

Id	Descripción
UH9.1	Se recomienda que la interfaz gráfica no esté sobrecargada de elementos innecesarios.
UH9.2	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información clara, concisa y simple.
UH9.3	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la suficiente información para realizar una acción.
UH9.4	Se recomienda que el aplicativo móvil use colores en un contraste adecuado.

- Código: UH10
  Nombre: Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores.
  Descripción: La aplicación debe mostrar mensajes de error en un lenguaje familiar, indicando el problema y posible solución.

A partir de la heurística UH10, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla XIV, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla XIV. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH10

Id	Descripción
UH10.1	Se recomienda que las instrucciones presentadas por el aplicativo móvil estén libres de tecnicismos.
UH10.2	Se recomienda que los mensajes de error del aplicativo móvil eviten usar expresiones agresivas contra el usuario.
UH10.3	Se recomienda que el aplicativo móvil presente mensajes de error que orienten al usuario a solucionar el problema.

- Código: UH11
  Nombre: Ayuda y documentación.
  Descripción: La aplicación debe contener ayuda y documentación fáciles de encontrar.

A partir de la heurística UH11, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla XV, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla XV. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH11

Id	Descripción
UH11.1	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con una opción de ayuda.
UH11.2	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con una ayuda sencilla y clara.
UH11.3	Se recomienda que en el aplicativo móvil la ayuda esté siempre visible y disponible.
UH11.4	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con ayudas contextuales en algunas secciones.

- Código: UH12
  Nombre: Interacción agradable y respetuosa con el usuario.
  Descripción: La aplicación debe ser agradable para que el usuario no se sienta incómodo mientras usa la aplicación.

A partir de la heurística UH12, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla XVI, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla XVI. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH12

Id	Descripción

UH12.1	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con colores que permitan descansar la vista.
UH12.2	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con una navegabilidad intuitiva y/o fácil de entender para el usuario.
UH12.3	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información en forma agradable, divertida y entendible por el usuario.
UH12.4	Se recomienda que el aplicativo cuente con un diseño reconocible.

- Código: UH13
  Nombre: Privacidad.
  Descripción: La aplicación debe proteger los datos sensibles al usuario.

A partir de la heurística UH13, se definieron las recomendaciones presentadas en la Tabla XVII, cada una de las cuales tiene como ID la inicial de la heurística y el número de la recomendación.

Tabla XVII. RECOMENDACIONES OBTENIDAS PARA LA HEURÍSTICA UH13

Id	Descripción
UH13.1	Se recomienda que el aplicativo móvil permita iniciar sesión a través de un proceso seguro.
UH13.2	Se recomienda que el aplicativo móvil proteja los datos sensibles del usuario.
UH13.3	Se recomienda que el aplicativo móvil no liste los datos sensibles del usuario.

D. Diseño y Caracterización del Recurso Educativo

Para la construcción del recurso educativo, Green Fish S.A. decide generar contenido para 2 momentos específicos del proceso de acuaponía; el primer momento dedicado a la enseñanza de la construcción del sistema acuapónico con materiales de fácil adquisición y el segundo momento con la información sobre las recomendaciones, indicaciones y alertas para el mantenimiento de un sistema acuapónico que permitirá mejorar la cadena de producción de plantas y peces.

Momento 1: Construcción de un Sistema Acuapónico, exploración de contenido, enseñanza de la instalación del sistema acuapónico, que se encuentra dividido en 4 subprocesos. Cada proceso cuenta con su respectiva descripción, materiales, herramientas y pasos necesarias para la construcción del

subsistema. A continuación, se presenta la información específica del proceso de construcción de un sistema DFT.

1) Proceso 1, sistema DFT (Cultivo de plantas)

En la Tabla XVIII se presentan los materiales, herramientas y el paso a paso para construir un Sistema DFT.

Tabla XVIII. SISTEMA DFT CULTIVO DE PLANTAS

Sistema DFT (Cultivo de Plantas)	
Sistema de flujo profundo en canales o tubería, es el componente del sistema donde se siembran las plántulas de ciclo corto o plantas de bajo porte. (30 a 60 días de cultivo)	
Materiales	
a.	5 tubos de PVC de 3” tipo sanitario liviano de 3 metros de largo
b.	1 tubo de PVC de ½” tipo presión de 1 y 3 metros de largo
c.	1 tapón de PVC de ½”
d.	1 codo de PVC de ½”
e.	10 tapones de prueba de PVC de 3”
f.	5 adaptadores machos de PVC de ½” a manguera de 16 mm
g.	5 micro conectores de PVC a manguera de 6 mm
h.	5 mangueras de 6 mm de 20 cm cada una
i.	5 mangueras de 16 mm tipo
Herramientas	
a.	Taladro
b.	Broca de 11/64
c.	Broca de ¾”
d.	Segueta para corte de PVC
e.	Copa sierra de 2 ¼”
f.	Tarro pequeño de soldadura o pegante para PVC
g.	Silicona transparente
Pasos	
1	Perfore 5 agujeros con la broca de 11/64 en el tubo de ½” de 1 metro de largo, ubicados a 10 cm entre agujero. Pegue en un extremo del tubo el tapón de ½” y en el otro extremo el codo de ½”.
2	Perfore 15 agujeros con la copa sierra 2 ¼” en cada uno de los tubos de 3” sanitario tipo liviano, dejando 15 a 20 centímetros entre cada agujero (dependiendo del tipo de planta a sembrar) y comenzando el primer agujero a 10 centímetros de uno de los extremos del tubo.
3	Coloque en cada agujero de 11/64 un micro conector y agregue soldadura de PVC para evitar fugas o goteos de agua cuando el sistema esté en funcionamiento. Conecte una manguera de 6 mm en cada uno de los micro conectores.
4	Perfore un agujero con la broca de ¾” entre el tapón y el primer agujero de 2 ¼” en cada uno de los tubos para ingresar la manguera de 6 mm que distribuirá el riego.

5	Perfore 5 tapones de prueba de 3” con la broca de ⅜” y conecte en cada uno de los agujeros un adaptador macho de PVC de ½” a manguera de 16mm. Coloque soldadura de PVC para evitar fugas de agua.
6	Pegue en cada extremo un tapón de prueba de 3” con silicona y deje secar de un día para otro.
7	Disponga la tubería sobre una base a nivel.
8	Conecte las 5 mangueras de 16 mm desde cada tubo de 3” hacia el biofiltro.
9	Ponga el tubo de ½” de 3 metros desde el biofiltro hasta la flauta de distribución de riego.

2) Proceso 2, Sedimentador (Clarificador):

A continuación, se presenta la Tabla XIX donde se lista la información sobre materiales, herramientas y el paso a paso para la construcción de un sedimentador.

Tabla XIX. SISTEMA SEDIMENTADOR

Sedimentador (Clarificador)	
Componente del sistema encargado de limpiar el agua que viene del tanque de cultivo de peces. A través del proceso mecánico, las heces fecales de los peces se depositan en el fondo del filtro, pueden ser retiradas a través de una llave de paso ubicada en el fondo.	
Materiales	
a.	1 tarro plástico de 20 litros con boca cónica.
b.	1 tarro tipo cuñete de 20 litros con refuerzo en la base.
c.	1 trozo de espuma de 5 cm de espesor y 40X40cm.
d.	1 tubo de PVC de 4” tipo sanitario liviano de 60cm.
e.	1 tubo de PVC de 1 ½” tipo sanitario liviano de 1 metro.
f.	3 codos de PVC de 90° de 1 ½” tipo sanitario.
g.	2 “T” de PVC de 90° de 1” de presión.
h.	1 codo PVC de 90° de 1” tipo presión.
i.	1 tubo de PVC de 1” tipo presión de 20cm
Herramientas	
a.	Taladro
b.	Copa sierra de 2 ¼”
c.	Copa sierra de 1 ¾”
d.	Copa sierra de ¾”
e.	Pegante para PVC
f.	Bisturí para corte de espuma
Pasos	
6	Perfore el tubo de 4” con la copa sierra de 2 ¼” en el centro. Luego pegue un codo de 90° de 1 ½” sanitario.
7	Perfore dos agujeros al costado del tarro cónico con la copa sierra de 1 ¾” y coloque los dos empaques tipo uniseal en los agujeros. Posteriormente ensamble la tubería de 1 ½” en los dos agujeros a través de los empaques. Use aceite para deslizar más fácil el tubo.
8	Corte e introduzca la espuma a la medida del tarro dejando hueca la parte interna.

9	Ubique el tubo, los codos y "T" de PVC de 1 ½" sanitaria como aparece en la figura para conectar el filtro sedimentador al tanque de peces. Las medidas de los tubos deben ser acordes al nivel que se le al tanque y al filtro en el suelo.
10	Importante: El filtro sedimentador siempre debe quedar más bajo que el tanque de peces para que el agua salga por gravedad de un componente al otro.
11	Pegue el codo de PVC de 1" a la boca (base) del tarro cónico seguido del tubo de 1" de 20 centímetros en sentido perpendicular al que se hicieron las perforaciones teniendo en cuenta hacia donde se van a drenar los sólidos del filtro.

3) Proceso 3. Biofiltro:

A continuación, se presenta la información en la Tabla XX sobre los materiales, las herramientas y el paso a paso para la construcción del biofiltro

Tabla XX. SISTEMA BIOFILTRO.

Biofiltro (Filtro)	
Componente del sistema donde se albergan colonias de bacterias benéficas y se transforman desechos de los peces disueltos en el agua en nutrientes para las plantas. Contiene la bomba de recirculación que envía el agua a los demás componentes del sistema.	
Materiales	
a.	1 tanque de 120 – 150litros de capacidad con tapa aro de preferencia.
b.	1 bomba sumergible de 2000litros/hora.
c.	1 tubo de PVC de ½" tipo presión de 2 metros de largo.
d.	1 unión universal de PVC de ½".
e.	1 "T" de PVC de ½".
f.	2 codos de PVC de ½"
g.	Tapas plásticas de gaseosa.
Herramientas	
a.	Taladro
b.	Copa sierra de 1 ¾"
c.	Copa sierra de ¾"
d.	Pegante para PVC
Pasos	
12	Conecte el tubo de PVC de ½" a la bomba sumergible de recirculación de agua.
13	Perfore la tapa con la copa sierra para permitir la entrada del tubo de 1 ½" que viene del sedimentador, las mangueras del sistema DFT y la salida del tubo de ½" que sale de la bomba y el cable de energía de la bomba.
14	Conecte el tubo de ½" que va al sistema DFT con una "T" de PVC de ½" y continúe subiendo el agua hasta la cama de cultivo con sustrato usando otro pedazo de tubo de ½" y los 2 codos.
15	Agregue las tapas de gaseosa previamente lavadas con agua en el tanque para albergar mayor cantidad de bacterias.

4) Proceso 4. Tanque

A continuación, se presenta la información en la Tabla XXI sobre los materiales, herramientas y pasos para la construcción del tanque.

Tabla XXI. SISTEMA TANQUE.

Tanque (Cultivo de peces)	
Lugar donde se tienen peces en cultivo, desde la siembra de los alevinos hasta su cosecha. Con una capacidad de 700 a 8000 litros de agua podrá contener hasta 20 kilos de peces en cosecha.	
Materiales	
a.	Tanque IBC o isotanque de 1000 litros de capacidad.
b.	4 tablas de madera de 1.25mt.
c.	Empaque tipo universal para tubo de 1½" con ranura de 4mm.
d.	Pintura de aceite o anticorrosivo color oscuro.
Herramientas	
a.	Taladro
b.	Taladro
c.	Broca de 11/64
d.	Pulidora
e.	Disco de corte para metal
f.	Caladora de sierra
g.	Brocha
h.	Remachadora y remaches
i.	Destornillador de estrella
j.	Copa sierra de 1 ¾"
Pasos	
16	Realice los cortes como se indica en la figura usando la pulidora con disco para corte de metal para el corte de la estructura y la caladora de sierra para el corte del tanque plástico.
17	Pinte el tanque plástico con la pintura de aceite o anticorrosiva.
18	Remache el tanque plástico a la estructura metálica utilizando la broca de 11/64 y la remachadora.
19	Ubique las tablas de madera debajo de la parte más pequeña del tanque fijándolas con los tornillos drywall y taladrando en la estructura metálica con la broca de 11/64. Luego colóquela encima del tanque.

5) Zona de juegos - Gamificación:

Luego de hacer el recorrido exploratorio sobre la información pertinente de la construcción de un sistema acuapónico, se procede a implementar los elementos de gamificación propuestos al recurso de aprendizaje.

- El juego se divide en 5 niveles para dar incentivación a través del reto a los jugadores.
- Cada nivel enseña el objetivo del juego, la primera vez para que el jugador aprenda a jugar.

- Cada nivel permite obtener puntos dependiendo de la habilidad del jugador para obtener un puntaje total y competir para aparecer en el ranking general.
- Cada nivel tiene retroalimentación continua en las transacciones realizadas y al finalizar para conseguir que el jugador sepa qué hizo bien y qué hizo mal y aprenda sobre los contenidos.
- El nivel final (Nivel 5) permite evaluar el conocimiento adquirido para conocer el estado de aprehensión de conocimientos.
- En cualquier momento se puede visualizar la tabla de posiciones (Ranking del jugador) para incentivar la competitividad del jugador.
- El juego permite premiar a través de la empresa GREENFISH a los mejores jugadores para mejorar la pertinencia del jugador.

En la Fig. 2 se muestran las interfaces de alto nivel del recurso educativo, las cuales fueron realizadas en la herramienta Figma, este prototipo presenta primero el botón de inicio para ingresar a la zona de juegos, segundo el nivel de selección de montaje parcial correcto, tercero el rompecabezas del sistema acuapónico unifamiliar, cuarto el nivel de contra reloj, quinto la evaluación del contenido de Construcción del sistema acuapónico, sexto la retroalimentación del puntaje obtenido en cada nivel y finalmente el ranking de jugadores.

El diseño visual se logró gracias a la intervención de dos diseñadoras gráficas, cuyo proceso de entrega se realizó iterativamente a través de la validación del dueño de la empresa, la desarrolladora y dos usuarios. Las entregas se dividieron en los recursos necesarios para cada menú de la aplicación, estos eran evaluados en conjunto por el dueño de la empresa, la desarrolladora y los usuarios, se presentaban las sugerencias de diseño, se implementaban o corregían errores y se planeaba nuevamente la entrega. Esto permitió entregar un diseño visual de experiencia inmersiva a los usuarios finales.

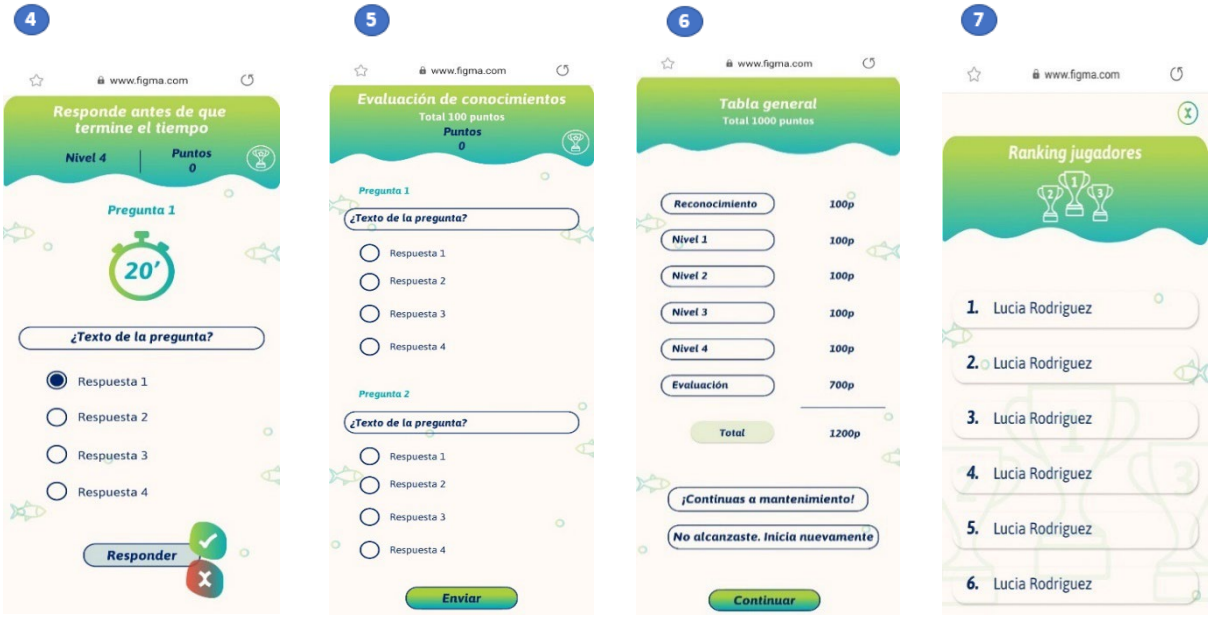

Fig. 2. Interfaces de alto nivel del recurso educativo

Momento 2: En este momento se presenta la información sobre las indicaciones y recomendaciones para el manejo y mantenimiento de un sistema acuapónico. Se puede realizar la exploración de contenido, se enseña al jugador sobre conceptos útiles para cultivar de manera exitosa peces y plantas, conceptos sobre el mantenimiento de su sistema acuapónico en general. A continuación, se presenta en detalle el contenido de este momento.

1) Indicaciones:

Contenido sobre la germinación y siembra de las plantas, plantas de ciclo corto, plantas de ciclo largo, tipos de peces a cultivar y su manejo, proceso para alimentar a sus peces (información sobre qué se debe hacer, qué se debe evitar e información para tener en cuenta).

2) Recomendaciones:

Proceso para llevar a cabo el paso a paso del mantenimiento del sistema acuapónico, revisión de las variables para tener en cuenta del tanque y de los peces todos los días, cada semana, cada mes, cada tres meses.

3) Alertas:

Contenido sobre las alertas que se deben tener en cuenta en el sistema acuapónico completo, tanto de la instalación y comportamiento de los componentes como del agua, los peces, sal marina, parámetros del agua y uso de cal.

4) Zona de juegos:

Entendiendo que el jugador ya realizó la exploración del contenido sobre las indicaciones y recomendaciones para el manejo y mantenimiento de su sistema acuapónico, se habilita la zona de juegos que mantiene el contexto de la zona de juegos del primer momento, conservando así la narrativa del jugador. El juego continúa en el sexto nivel. Los elementos de gamificación propuestos, coherentes al primer momento son:

- El juego se divide en los siguientes 5 niveles para dar incentivación a través del reto a los jugadores, continuando en el nivel 6.

- Cada nivel enseña el objetivo del juego, la primera vez para que el jugador aprenda a jugar.
- Cada nivel permite obtener puntos dependiendo de la habilidad del jugador para obtener un puntaje total y competir para aparecer en el ranking general.
- Cada nivel tiene retroalimentación continua en las transacciones realizadas y al finalizar para conseguir que el jugador sepa qué hizo bien y qué hizo mal y aprenda sobre los contenidos.
- El nivel final (Nivel 5) permite evaluar el conocimiento adquirido para conocer el estado de aprehensión de conocimientos.
- En cualquier momento se puede visualizar la tabla de posiciones (Ranking del jugador) para incentivar la competitividad del jugador.
- El juego permite premiar a través de la empresa GREENFISH a los mejores jugadores para mejorar la pertinencia del jugador.
- Al finalizar la evaluación del nivel 12, el jugador puede ver la retroalimentación de todos los niveles, para que comprenda en qué nivel tuvo mejor, o peor puntaje. Esto permite incentivar su aprendizaje y rendimiento en la zona de juegos.

III. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA

En este apartado se detalla la selección del marco de trabajo y metodología para el desarrollo de la aplicación enfocados dentro del agilismo. Se hace el proceso de levantamiento de requerimientos, la definición de los requisitos funcionales, no funcionales teniendo en cuenta las pautas de accesibilidad y usabilidad propuestas en la sección II, así mismo se detalla la selección de componentes tecnológicos para desarrollar la arquitectura y finalmente la propuesta de un diseño de arquitectura para llevar al cabo la construcción de la aplicación.

Para el desarrollo del aplicativo móvil se decide combinar Scrum y XP, a continuación, una breve descripción de las generalidades de cada uno y la combinación de la propuesta:

Combinación de SCRUM y XP propuesta:

A. Scrum

Enfocada en los principios de agilismo, Scrum se define como un marco de trabajo para el desarrollo ágil de software de manera iterativa e incremental[45]. Es ligero, fácil de entender, aunque difícil de llegar a dominar.

Dentro de su estructura se definen:

- 3 roles: dueño del producto, scrum máster, equipo de desarrollo.
- 5 eventos: sprint, planificación del sprint, scrum diario, revisión del sprint y retrospectiva del sprint.
- 3 artefactos: lista de producto, lista de pendientes del sprint, incremento.

Los requisitos se tratan en 4 niveles diferentes de tamaños[46]:

- Temas: colección de épicas relacionadas dentro de un subsistema.
- Épicas: se trata de una historia de usuario de alta complejidad, que puede llegar a dividirse en un conjunto de historias para ser desarrollada. Su implementación puede llegar a tomar 2 o más sprint.
- Historias de usuario: son deseos de los clientes o usuarios del sistema, relacionados a través de descripciones cortas sobre las características que debe desempeñar el sistema. Deben ser independientes, negociables, valiosas, se deben poder estimar, probar y ser tan pequeñas como para desarrollarse en un solo sprint. Para conseguir definir que una historia ya ha sido desarrollada se deben cumplir los criterios de aceptación de esta, los cuales ayudan a validar su implementación. Dentro de las características de un criterio de aceptación se encuentra: la atomicidad, no ambiguo, verificable y completo.
- Tareas: son tareas técnicas específicas ejecutadas por el equipo de desarrollo, una historia de usuario se divide en varias tareas y estas a su vez deben ser ejecutadas en un mismo sprint.

B. XP

La programación extrema conocida como una metodología de desarrollo ágil, se basa en la prueba y error para el desarrollo funcional de los sistemas, permitiendo así la participación constante de los clientes en todo el ciclo de vida de desarrollo del producto. Se presentan 6 fases: exploración para la definición de las funcionalidades del software, planificación de la entrega en torno a la construcción de un cronograma y estimación, iteración, producción, mantenimiento y muerte del proyecto[45]. Esta metodología es apropiada para el desarrollo de pequeños y medianos proyectos que cuentan con grupos pequeños de desarrollo.

Se valora la comunicación entre los integrantes del proyecto que cuenta con el cliente del producto final, la simplicidad, la retroalimentación y el coraje de los desarrolladores en pro de enfrentar el cambio constante de los requerimientos. Se aconseja la programación en pares, la propiedad colectiva de código, generar un espacio de trabajo informativo en donde se exponga el estado diario del proyecto, definir estándares de código para los integrantes del equipo de desarrollo, generar una marcha sostenible de entregas y puestas en producción y finalmente una integración continúa evitando de esta manera debilidades en la calidad del producto generado[47].

C. Scrum y XP

El marco de trabajo Scrum dedicado a la administración del proyecto de software, apoya al equipo de trabajo en el desarrollo ágil, sin embargo, no describe el proceso de desarrollo de software, que si está bien definido en la metodología XP. Para el desarrollo de la aplicación se propone la mezcla entre el marco de trabajo Scrum y la metodología XP, combinación empleada en cualquier tipo de proyecto de desarrollo de software cuyo eje estratégico tiempo esté definido entre 6 a 12 meses y más de 12 meses, con complejidad media o alta, cuya aplicación emplee APIs o servicios, sistemas integrados, sistemas expertos, inteligencia artificial, Big Data, sistemas ERP entre otros.

La combinación se lleva a cabo en 3 fases[48]:

- PreGame: fase en la que se hace el levantamiento de requerimientos a través de los interesados y el Product Owner, se definen los requisitos funcionales, no funcionales y se utilizan diagramas para la representación de requerimientos.
- Game: fase de desarrollo donde se involucra la metodología XP. Se inicia la planeación de iteraciones donde se designan tareas a los desarrolladores y se genera el cronograma de trabajo (Sprint Planning) con el objetivo de conseguir el desarrollo total de la arquitectura del software.
- PostGame: en esta fase se hace el Sprint review con el Product Owner, si se aprueban los criterios de aceptación la iteración pasa a integración, de lo contrario se devuelve a la fase Game para corregir el desarrollo hasta que el cliente esté satisfecho.

En la Fig. 3, se presentan las 3 fases del proceso.

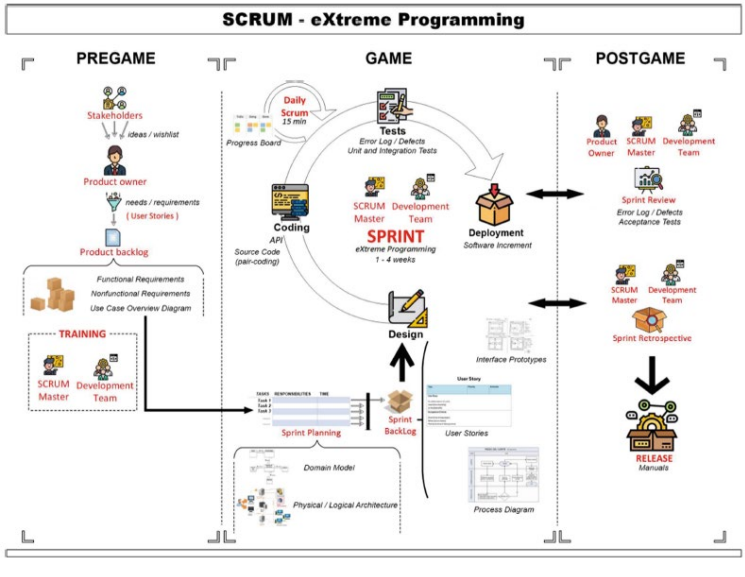

Fig. 3. Propuesta de desarrollo de software: Scrum combinado con XP.
Nota: Tomado de [48]

A continuación, se aplica la propuesta de desarrollo de software:

1) Fase I: PreGame. Definición de historias de usuario. Product backlog:

En el proceso de levantamiento de requerimientos bajo el enfoque de desarrollo ágil, y entendiendo que se cuenta con el apoyo del dueño del producto, quien conoce la lógica de su negocio, se decide realizar el prototipado de la aplicación final a través de interfaces de alto nivel[49]. Como resultado se obtienen en una primera versión 24 pantallas con información general sobre la empresa Green Fish S.A y sus productos, el recurso educativo, y un documento del prototipo de la aplicación en formato Word para pasar a diseño gráfico con la explicación y necesidad de recursos. Lo anterior, se especifica en el Anexo B. Prototipo. La Fig. 4, evidencia una de las plantillas generadas en la fase de prototipado.

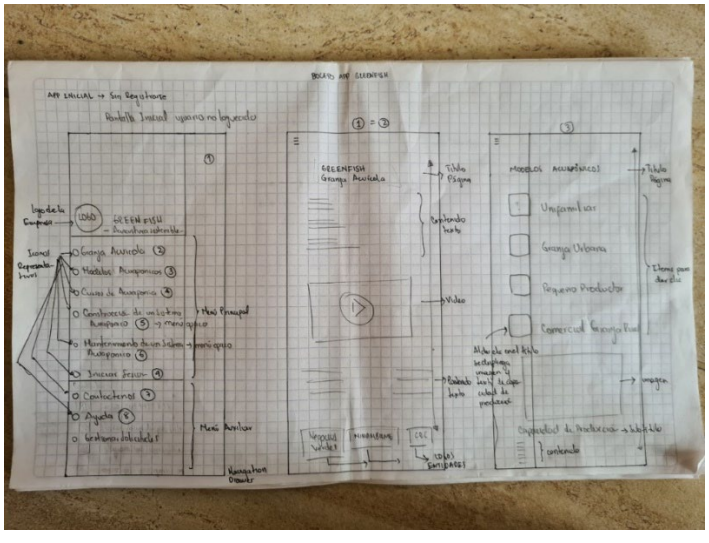

Fig. 4.Interfaces de alto nivel perfil dueño del producto - ingeniera

Siguiendo con el diseño propuesto en la Fig.2 se diseñan en alto nivel las pantallas adicionales de la aplicación. En este prototipo se muestra primero el diseño del menú general de la aplicación, segundo la pantalla principal Granja acuícola, tercero pantalla Modelos acuapónicos con submenús desplegables con movimiento tipo acordeón para mostrar más información, cuarto el detalle de la información de los modelos, quinto la pantalla Cursos de acuaponía con información detallada producto del despliegue del movimiento acordeón, sexto pantalla de Contáctenos.

Fig. 5. Interfaces de alto nivel perfil diseño.

De este prototipo se logran identificar los requisitos funcionales de la aplicación, y de la propuesta de accesibilidad y usabilidad los requisitos no funcionales y de restricción.

a) Requerimientos funcionales. Deseos del usuario:

A continuación, en la Tabla XXII se presenta un ejemplo del listado de deseos de los usuarios junto a los criterios de aceptación del sistema. El listado completo de deseos se puede consultar en el Anexo F. Historias de Usuario.

Tabla XXII. LISTADO DE DESEOS DE LOS USUARIOS

Cód.	**Historia**	**Rol**	**Criterio de aceptación**
HU1	Como usuario deseo obtener la información general de la granja acuícola para entender el contexto de la empresa.	Invitado	* Al iniciar la aplicación, se muestra en la pantalla inicial la información sobre GREEN FISH: Un carrusel de fotos, proyectos actuales, un video ilustrativo y el logo de las empresas de apoyo. * En el menú de la aplicación, debe aparecer el link de acceso a la Granja Acuícola.
HU2	Como usuario deseo obtener la información sobre modelos acuapónicos para ver sus generalidades y su foto.	Invitado	* Al dar clic en el submenú Modelos Acuapónicos, debe aparecer en la pantalla central la información sobre Sistema Unifamiliar, Modelo de granja Urbana, Modelo Pequeño Productor, Modelo Comercial Granja Rural. * Cada Modelo acuapónico muestra un texto introductorio, una imagen del modelo y un texto explicativo.
HU3	Como usuario deseo obtener información sobre los cursos de acuaponía disponibles para acceder a ellos.	Invitado	*Al dar clic en el submenú Cursos de Acuaponía, aparecen en pantalla los 4 niveles de cursos disponibles. * Al dar clic en cada curso, se observa la información general del curso, el link de acceso directo al curso en la web.
HU4	Como usuario deseo iniciar sesión para poder acceder al recurso de construcción de un sistema acuapónico y al recurso mantenimiento de un sistema acuapónico.	Invitado	* Al dar clic en iniciar sesión, se habilita la pantalla con Loguin, password y acceder. * Al dar clic en iniciar sesión, se habilita el botón iniciar sesión con Google. * Al dar clic en el botón Aceptar de Google, se procede a iniciar sesión con cualquier cuenta asociada al dispositivo. * Al escribir usuario y contraseña y dar clic en iniciar, se inicia sesión. * Al iniciar sesión, se activa el submenú Construcción de un Sistema. * Al iniciar sesión, se activa el submenú Mantenimiento de un Sistema.
HU33	Como administrador deseo ver el reporte de usuarios del sistema para obtener la información de número de teléfono y correo electrónico.	Administrador	* Al dar clic sobre el botón usuarios, se listan por orden alfabético el nombre y apellidos del usuario, el correo electrónico, el número de teléfono y el link de teléfono de cada uno.

b) Requerimientos No Funcionales y restricciones del sistema:

En la tabla XXIII se presentan algunos ejemplos de requisitos no funcionales obtenidos de las pautas de usabilidad y accesibilidad para aplicaciones móviles propuestas a ser implementadas en el desarrollo de este proyecto en la sección II. Para observar el listado completo consulte el Anexo G. Requisitos No Funcionales.

Tabla XXIII. LISTADO DE REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Cod.	**Historia**	**Rol**	**Criterio de aceptación**	**Principio**	**Ítem**
HUN1	Como usuario deseo configurar el texto de los videos para decidir ver videos con CAPCHA	Usuario	* Al dar clic en el menú configuración, selecciono Videos con texto: Si y observo los videos de la aplicación con texto. * Al dar clic en el menú configuración, selecciono Videos con texto: No y observo los videos de la aplicación sin texto.	Perceptible	Alternativas Textuales / Contenidos no textuales
HUN2	Como usuario deseo tener la opción de leer la información que se escucha en un audio pregrabado.	Usuario	* La información de la aplicación se muestra en texto y audio al mismo tiempo.	Perceptible	Medio de Comunicación Basados en el Tiempo / Solo audio pregrabado
HUN3	Como usuario deseo tener la opción de leer la información que se escucha en un video pregrabado.	Usuario	* La información de la aplicación se muestra en video y texto al mismo tiempo.	Perceptible	Medio de Comunicación Basados en el Tiempo / Solo video pregrabado
HUN4	Como usuario deseo configurar el texto de los audios para decidir ver subtítulos de los audios pregrabados.	Usuario	* Al dar clic en el menú configuración, selecciono Audios con texto: Si y escucho los audios de la aplicación con subtítulos. * Al dar clic en el menú configuración, selecciono Audios con texto: No y escucho los audios de la aplicación sin subtítulos.	Perceptible	Medio de Comunicación Basados en el Tiempo / Subtítulos pregrabados
HU30	Como usuario deseo poder acceder a la información aún si no cuento con conexión a internet	Usuario	La información de la aplicación puede ser accedida sin conexión a internet.	Robusto	Compatible / Acceso a internet

c) Propuesta de arquitectura

- Sistema Operativo

Según el Stat Counter Global Stats[50], la cuota de mercado del sistema operativo móvil en Colombia define la compra de teléfonos inteligentes con Sistema Operativo Android en un 81,83% en enero de 2019 y un comportamiento creciente hasta agosto de 2021 con un 89.89%, mientras que iOS inicia con 11.31% en enero de 2019 y tiene un comportamiento decreciente hasta agosto de 2021 con un 9.78% final. Según la entrevista al dueño del producto, la mayor cantidad de usuarios que existen dentro de la empresa hacen uso de celulares con sistema operativo Android.

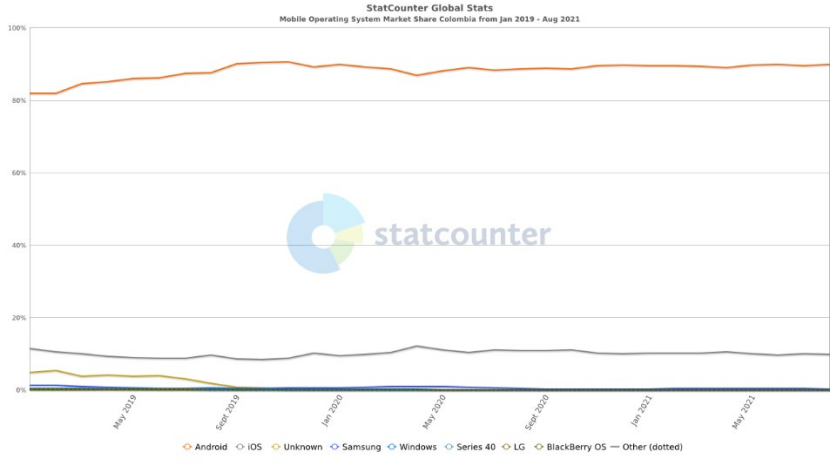

Fig. 6. Mobile Operating System Market Share Colombia

Nota: Tomado de [50]

Android, será el sistema operativo seleccionado para el desarrollo de la aplicación diseñada. Android es un sistema operativo de código fuente gratuito, se puede descargar, personalizar y distribuir permitiendo a usuarios alrededor de todo el mundo acceso a la tecnología móvil. Su propietario es Google quien permite a los fabricantes de teléfonos móviles y a sus clientes añadir, eliminar o cambiar el software estándar lo que lo posiciona como un sistema operativo con capacidad para ser modificado[51].

Fig. 7. Logo sistema operativo Android

- IDE de Desarrollo

Android Studio proporciona las herramientas más rápidas para crear aplicaciones en todo tipo de dispositivos. Tiene editor visual para la construcción de interfaces complejas, Analizador de APK para la reducción del tamaño de las aplicaciones, Emulador Rápido para instalar y correr aplicaciones que simulan el dispositivo de una forma bastante real, Editor de Código Inteligente para escribir mejor código, trabajar de forma más rápida y productiva, Sistema de Construcción flexible para compilar en diferentes formas la aplicación[52].

Fig. 8. Logo IDE de desarrollo Android Studio

- Autenticación de usuarios

Firebase tiene una infraestructura de Backend completamente administrada que permite el acceso sencillo desde cualquier plataforma (Google, Facebook, Tweeter, etc). Firebase Authentication facilita la autenticación de usuarios de forma segura a través de un proceso de fácil administración y acceso para los usuarios finales. La autenticación es personalizable y de código abierto y sirve para aplicaciones web y móviles. La seguridad es implementada a través de Smart Lock y el administrador de contraseñas de Chrome. Firebase permite desarrollar aplicaciones de alta calidad y aumentar la base de usuarios registrados en la app[53].

Fig. 9. Logo Firebase

- Base de datos

Cloud Firestore es una base de datos NoSQL que permite almacenar, sincronizar y consultar de forma muy fácil datos de aplicaciones móviles a escala global. Usa colecciones y documentos para lograr la estructuración de datos, permite la creación de jerarquías para el almacenamiento y búsqueda más fácil de la información y gracias a que las consultas se escalan con el conjunto de resultados permite que las aplicaciones puedan escalar desde el primer día.

Al distribuirse con un SDK y un conjunto de reglas de seguridad se puede acceder a la base de datos sin necesidad de crear un servidor propio. Permite la sincronización en distintos dispositivos con o sin conexión. La sincronización se realiza automáticamente.

Fig. 10. Logo Cloud Firestore

SQLite[54] es un motor de base de datos SQL que viene por defecto en los teléfonos móviles con sistema operativo Android. Es rápido, autónomo, no tiene servidor ni configuración. Es de código libre y permite leer y escribir directamente del disco de almacenamiento del dispositivo. Permite realizar todas las transacciones ACID implementando fiabilidad y rendimiento manteniendo la compatibilidad con la interfaz seleccionada.

Fig. 11. Logo SQLite

Teniendo en cuenta la tecnología seleccionada para el desarrollo de esta aplicación se presenta la propuesta de arquitectura solución para lograr un desarrollo funcional, con accesibilidad y usabilidad requeridas. En la Fig. 12, se cuenta con 3 roles, un usuario invitado que puede observar la información inicial de la aplicación, un usuario que ha iniciado sesión que luego de ser aprobado por el administrador puede ver información esencial sobre la construcción de un sistema acuapónico unifamiliar y el mantenimiento del este, y un usuario administrador, quien gestiona las solicitudes, el ranking y el estado de los usuarios dentro del sistema. La comunicación se logra a través del envío y recepción de información en formato JSON a través de internet gracias al SDK ofrecido por Firebase, quien a través de su plataforma de autenticación ofrece una arquitectura segura, y a través de su gestor de información Firestore permite el almacenamiento de información. En el aplicativo móvil se hace uso del gestor de preferencias para la consulta de la sesión del usuario, un repositorio local para los cuestionarios y las bases de datos de Firestore y SQLite para la gestión de la información. El desarrollo de la aplicación se propone implementando las pautas de usabilidad y accesibilidad propuestas.

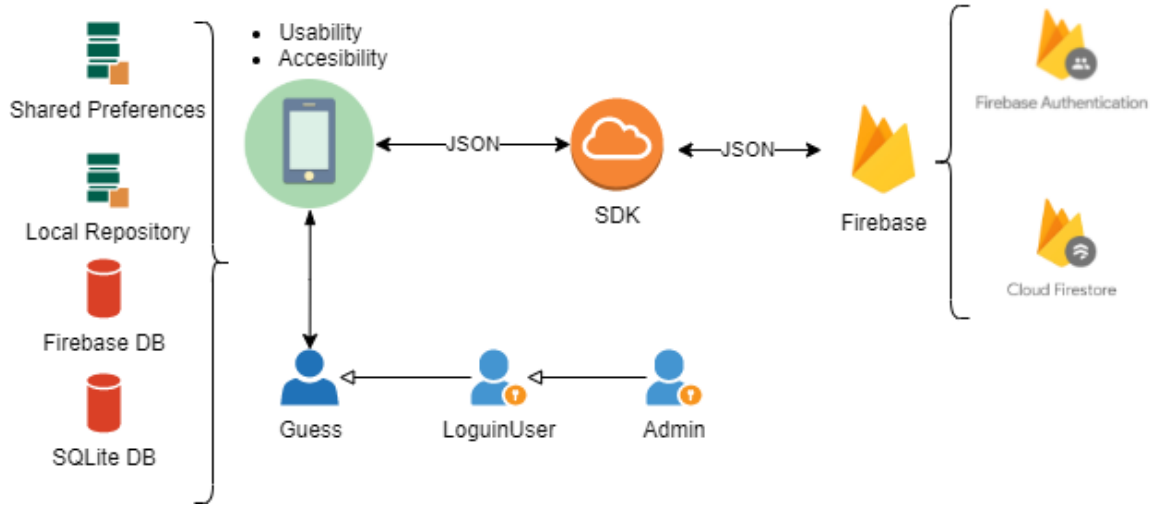

Fig. 12. Arquitectura GreenFishApp

IV. IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA.

A. Fase II: Game

En este apartado se realiza la descripción a detalle de la implementación de la arquitectura propuesta, las iteraciones de entrega, el tablero Trello para la gestión del proyecto y las pruebas realizadas para poner el producto en marcha.

a) Tablero Trello:

Para el desarrollo del proyecto se generó el Product Backlog con los deseos de los usuarios y sus respectivos criterios de aceptación, se generó un calendario para el desarrollo de las actividades con fecha de inicio y fin, se asignó a la desarrolladora y finalmente se habilitan las actividades de desarrollo para alinear la metodología de desarrollo XP. Se especifican los procesos de la categoría "Por Hacer" para gestionar el trabajo semanal, en proceso para gestionar el trabajo diario y finalmente Hecho para pasar a prueba. A continuación, se muestran figuras con el detalle de la gestión y desarrollo del proyecto en Trello. En la Fig. 13 se evidencia la creación del tablero con las categorías mencionadas y el inicio del primer sprint de este proyecto.

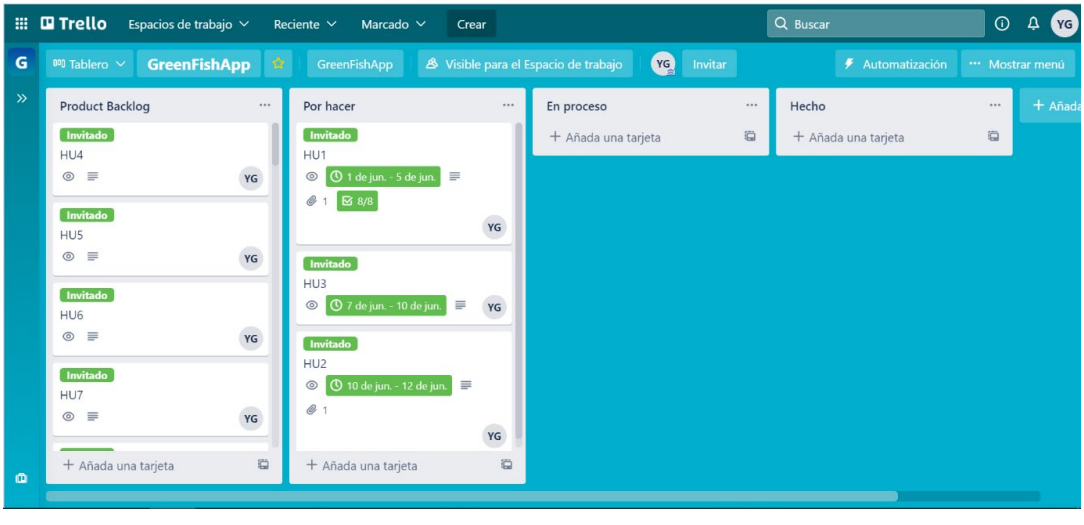

Fig. 13. Trello inicial, detalle general

Así mismo, en la Fig. 14, se presenta el contenido detallado de cada tarjeta; se agrega el período de ejecución de la tarea, el desarrollador asociado a la tarea, la descripción de la historia de usuario y una imagen de diseño.

Fig. 14. Tablero Trello, definición de historia de usuario.

Del mismo modo, en la Fig. 15, se presentan los criterios de evaluación asociados a cada tarjeta o historia de usuario. En la Fig. 16, se presenta la asociación de tareas específicas de desarrollo para poder cumplir con los criterios de evaluación. Al cumplir con las tareas se cumple con el criterio de evaluación.

Fig. 15. Tablero Trello, definición de criterios de evaluación.

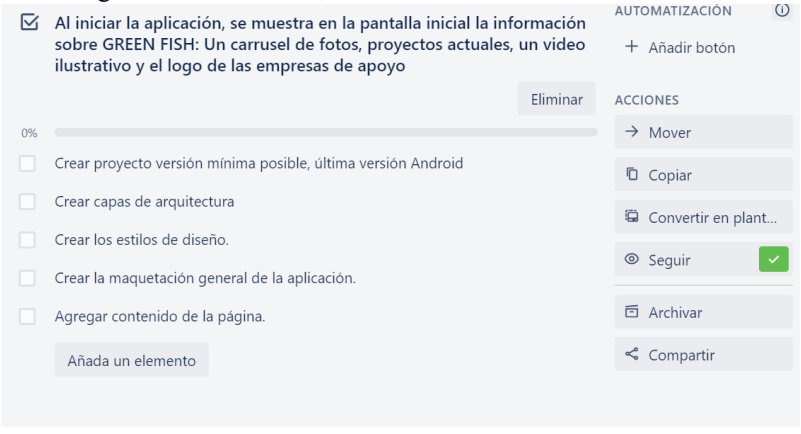

Fig. 16. Tablero Trello, definición de actividades.

Finalmente, en la Fig. 17, se evidencia el proceso llevado a cabo para la gestión del proyecto a través de SCRUM. Se encuentran tarjetas en todas las categorías, detallando la ejecución iterativa del desarrollo propuesto.

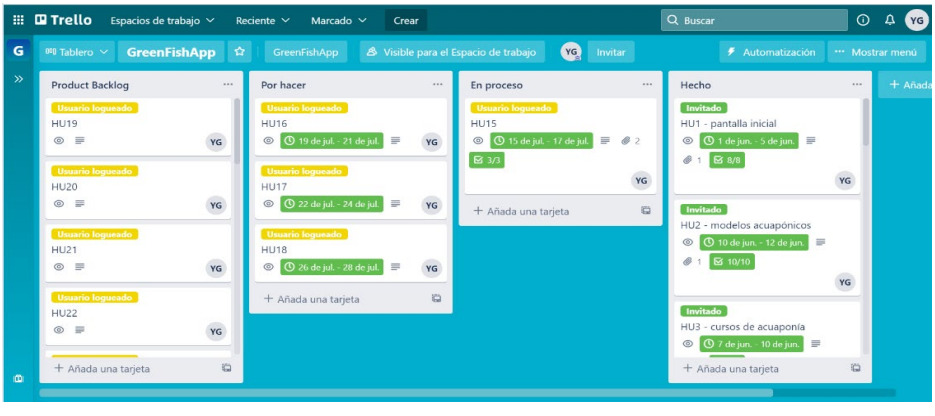

Fig. 17. Tablero Trello, en el proceso.

b) Desarrollo de la arquitectura:

En este apartado se realiza la descripción de la construcción de la arquitectura de software propuesta, en este punto ya se cuenta con un grupo de recursos gráficos, un correo electrónico para la creación de cuenta en Firebase, el ambiente de desarrollo y pruebas establecido y el cronograma de Sprint de actividades de desarrollo plenamente identificado. Los componentes se crean como se ilustra en la Fig. 18, un componente res que contiene todo el frontend de la aplicación, un componente greenfish que contiene el backend de la aplicación, un componente Firestore que contiene el almacenamiento de la información de los usuarios y su ranking y un componente de autenticación para la gestión de la sesión y seguridad de la aplicación.

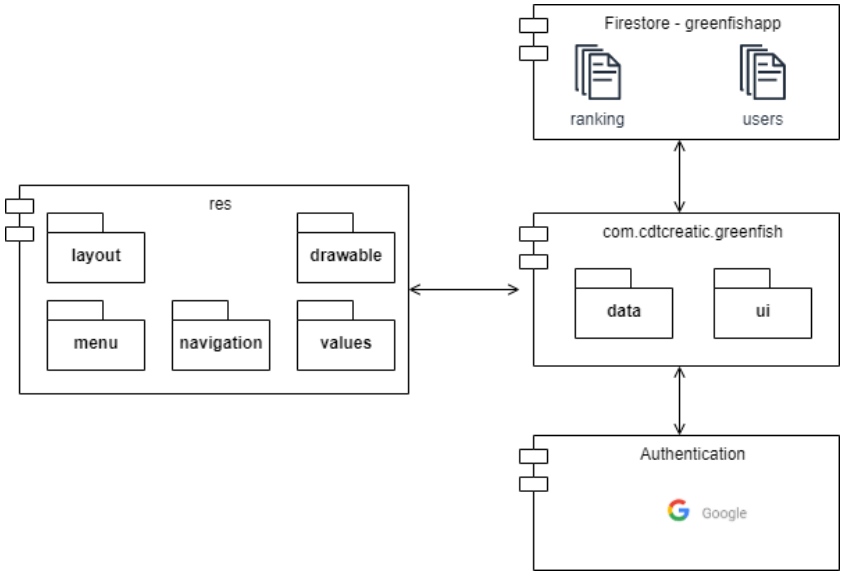

Fig. 18. Componentes del sistema.

A continuación, se presenta el componente Firestore - greenfishhapp que contiene la colección de ranking y users y el componente Authentication para la gestión de inicio de sesión segura.

- Componente Firestore.

En Firebase se crea la aplicación GreenFishApp para poder generar la autenticación de usuarios garantizando la seguridad de la información de cuentas Google y el almacenamiento de información a través de documentos de Firestore, Ver Fig. 19.

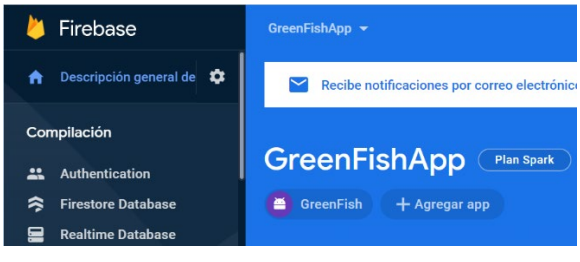

Fig. 19. Proyecto GreenFishApp. Firebase

- Componente Firebase Authentication.

La autenticación se permite únicamente por correo electrónico de servicios de Google como puede observarse en la Fig. 20.

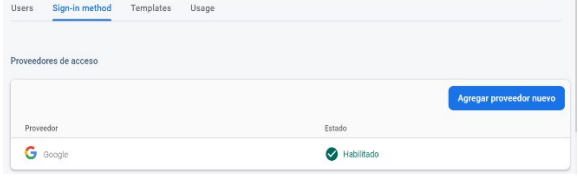

Fig. 20. Acceso a autenticación de servidores de correo Google

- Componente Firestore.

El almacenamiento de información en Firestore se hace a través de la construcción de 2 colecciones con documentos para: users obteniendo la información sobre correo, nombre y tipo de usuario y la colección rankings obteniendo de esta manera la información sobre el total de las evaluaciones del primer y segundo momento, los puntajes de los diferentes niveles en cada momento, y el puntaje total. La Fig. 21, detalla la colección de usuarios, para efectos de la aplicación se requiere el correo que será el identificador del registro, el nombre y el tipo de usuario.

Fig. 21. Colección users

La Fig. 22, muestra el detalle de la colección ranking que necesita almacenar información sobre el puntaje obtenido por nivel, por momento y puntaje total.

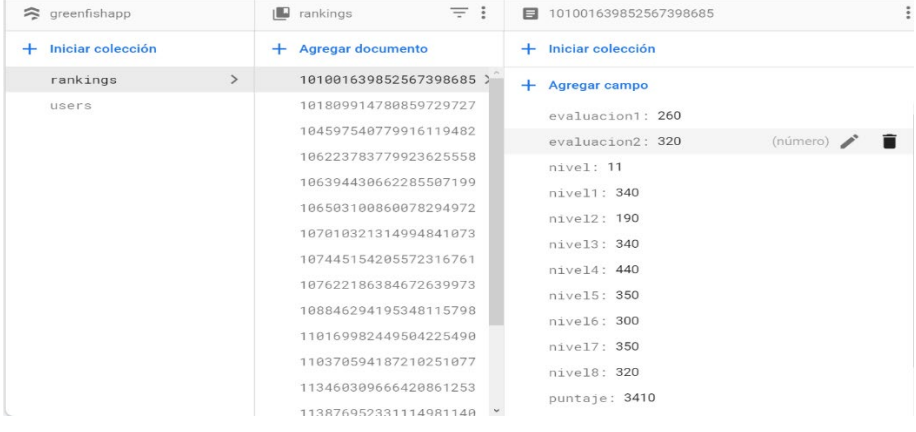

Fig. 22. Colección rankings

Para generar el API de consultas se utilizan los índices por defecto de campo único. Lo anterior se presenta de manera más clara en la Fig. 23.

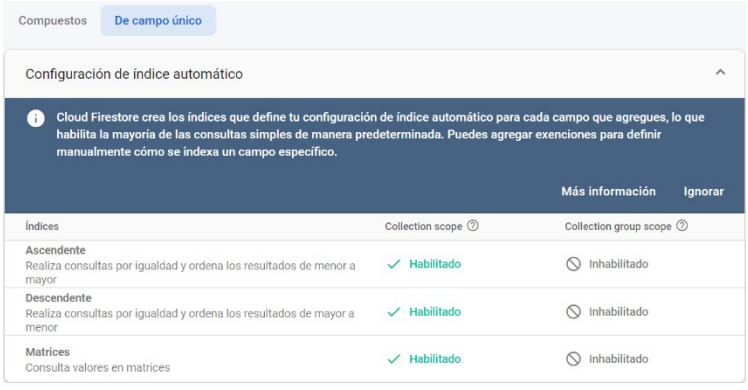

Fig. 23. Índices de campo único

Para generar las consultas de ranking y listado de usuarios es necesario crear índices compuestos debido a la necesidad de filtrar más de un campo en la consulta y manejar el rendimiento óptimo de la respuesta de la aplicación. En la Fig. 24 se muestra la creación de los índices.

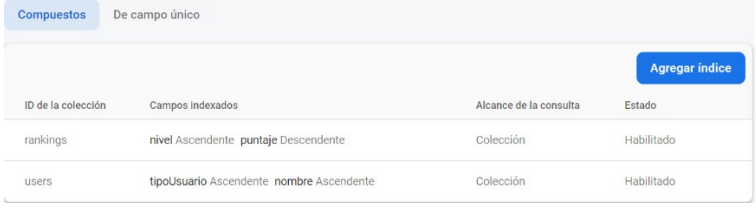

Fig. 24. Índices compuestos

A continuación se listan los componentes com.cdtcreatic.greenfish y el componente res dedicados al backend y frontend de la aplicación móvil.

- Componentes com.cdtcreatic.greenfish y res

Para este componente se instala Android Studio Arctic Fox | 2020.3.1 Patch 2 y se desarrollan los componentes greenfish y res para la parte gráfica y el backend de la aplicación, teniendo en cuenta los principios SOLID[55] básicos para la programación orientada a objetos y los patrones GRASP[56] generales como buenas prácticas para el diseño y desarrollo de software. También se tiene en cuenta la programación recursiva para el ahorro de recursos que consume la aplicación y de esta manera generar un instalable de poco peso en el celular y mejorar el rendimiento de esta. La Fig. 25 muestra el paquete data donde se gestiona la información de la aplicación.

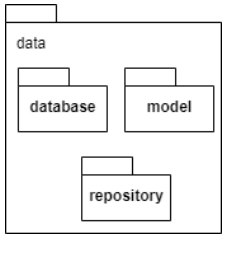

Fig. 25. Paquete data

Del mismo modo se presenta en la Fig. 26 el paquete database creado para el almacenamiento local, administración del repositorio de preguntas, comunicación en modo No-conectado y comunicación con firebase.

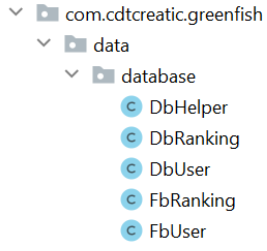

Fig. 26. Paquete database

En lo referente al paquete model, es creado para la definición de clases para el adaptador del API de consultas de firebase, su creación se evidencia en la Fig. 27

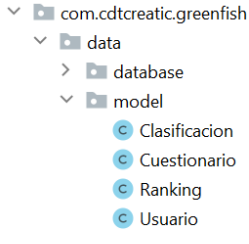

Fig. 27. Paquete model

En lo referente al paquete repository, se ubica la clase que almacena la lógica de las preguntas del juego contra reloj y evaluación, su creación se evidencia en la Fig. 28.

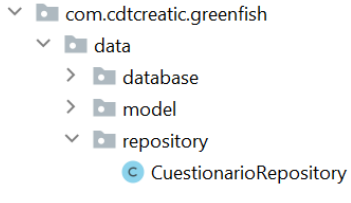

Fig. 28. Paquete repository

En lo referente al paquete ui detallado en la Fig. 29, se crea para asociar todos los paquetes del backend del proyecto, incluidos los adaptadores para mejorar la presentación de la aplicación, la sesión, los ítems del menú, los juegos, el ranking, la ayuda, los contactos y en general las clases para el correcto funcionamiento del aplicativo móvil.

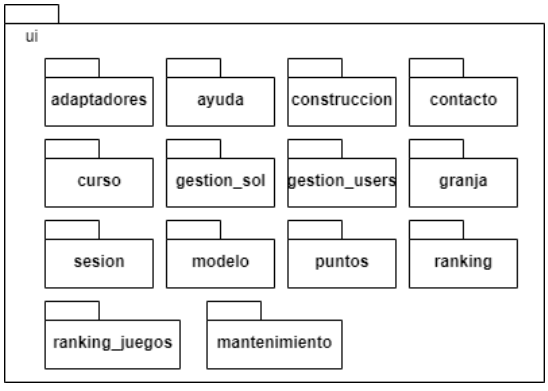

Fig. 29. Paquete ui

En la Fig, 30 se detalla el paquete adaptadores en donde se construyen las clases para adaptar el contenido en listas personalizadas, y se detalla el paquete ayuda donde se crea el fragmento para administración de información menú ayuda.

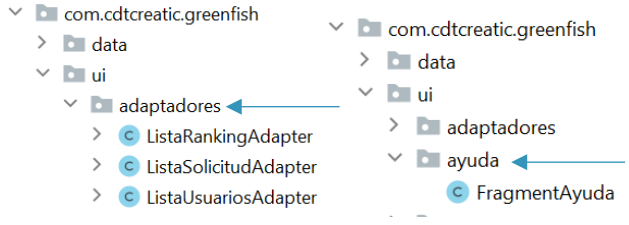

Fig. 30. Paquetes adaptadores y ayuda

En cuanto al paquete construcción se utilizan el fragmento para administración de información menú Construcción de un Sistema y zona de juegos y tabla de ranking. En la siguiente figura se detalla la información.

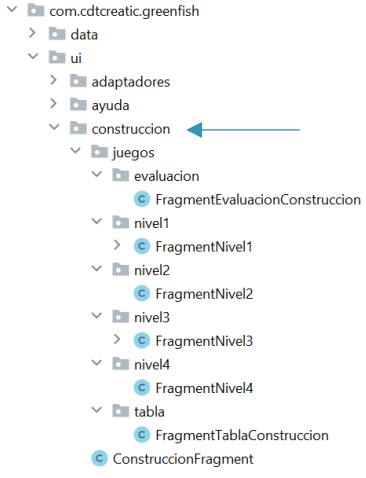

Fig. 31. Paquete construcción

En cuanto al paquete contacto se desarrolla el fragmento para administración de información menú Contáctenos. En el paquete curso se crea el fragmento para administración de información menú Cursos y de la misma manera se crea el paquete gestion_sol para el fragmento de administración de información menú administrador Gestionar Solicitudes, todo como se detalla en la Fig. 32.

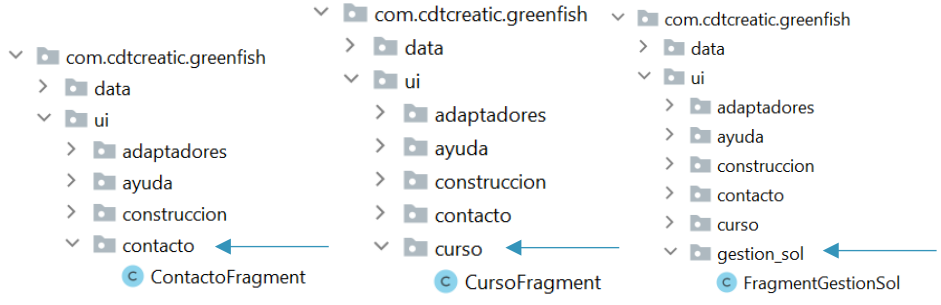

Fig. 32. Paquetes contacto, curso y gestion_sol

El paquete gestionar_users es creado para el desarrollo del fragmento para administración de información menú administrador Gestionar Usuarios y el paquete granja para el desarrollo del fragmento con información menú Granja Acuícola. A continuación, se detallan en la Fig. 33:

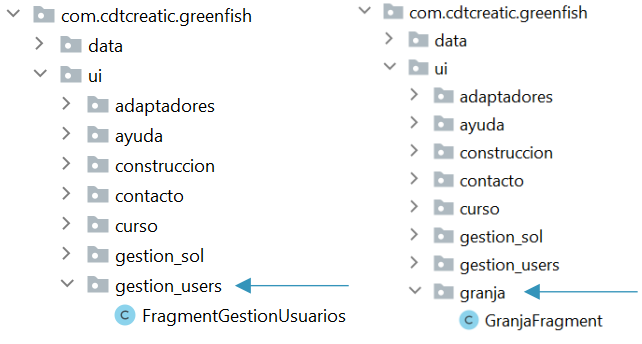

Fig. 33. Paquetes gestion_users y granja

El paquete mantenimiento por su parte presenta el fragmento para administración de información menú Mantenimiento de un Sistema, zona de juegos y tabla de ranking. En la Fig. 34 se muestra el detalle.

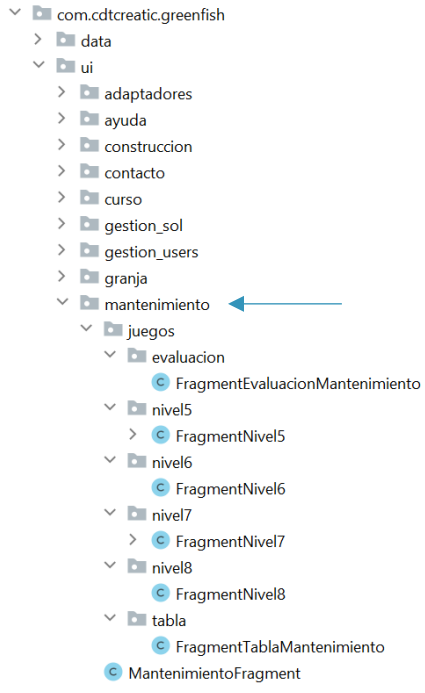

Fig. 34. Paquete mantenimiento

En la Fig. 35 se detallan el paquete modelo construido para definición de la interfaz gráfica del resto de fragmentos, el paquete puntos construido para la gestión de la información de los puntos obtenidos en cada nivel y el paquete ranking para la administración de información del ranking de los 10 primeros.

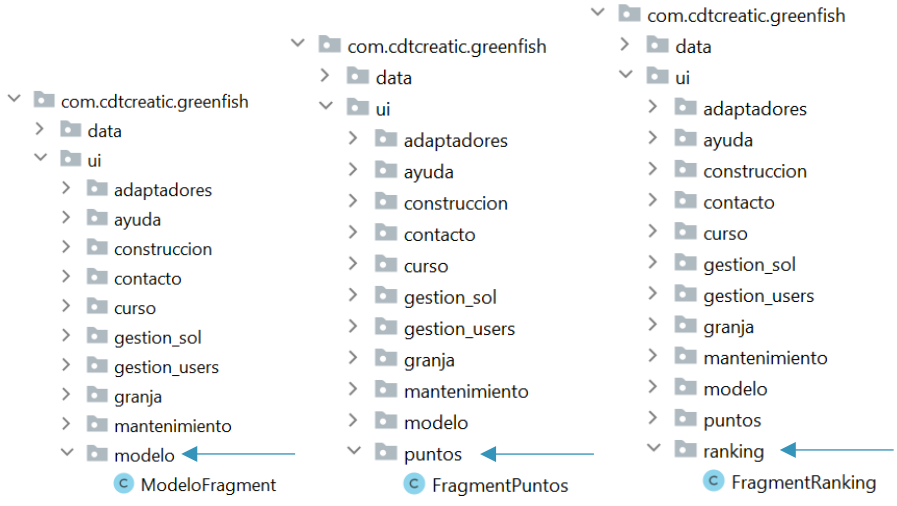

Fig. 35. Paquetes modelo, puntos y ranking

En la Fig. 36 se presenta el paquete rankingJuegos construido para la gestión de la información de la tabla de posiciones por módulo jugado y se presenta el paquete sesión para la interfaz gráfica y gestión de información de la autenticación del usuario a través del inicio de sesión.

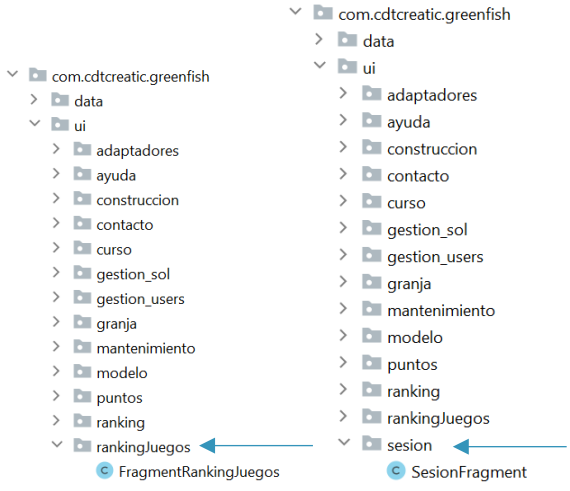

Fig. 36. Paquete rankingJuegos y sesion

- Componente res:

Este componente es el encargado de administrar el repositorio de recursos de la aplicación, texto, dimensiones, colores, imágenes, gifs, y todo lo referente a la interfaz gráfica de usuario, aquí se genera todo el FrontEnd de la aplicación móvil junto con los recursos de diseños de la app. En la Fig. 37 se puede observar el detalle.

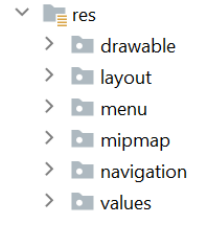

Fig. 37. Componente res

c) Plan de pruebas:

Para este apartado se siguen las recomendaciones del Programa de Estudio de Nivel Básico de ISTQB[57]. De este modo, se plantea un análisis de datos, y únicamente y por el contenido del proyecto realizar pruebas de caja negra y pruebas exploratorias a través de un plan de pruebas con un total de 138 casos de prueba (81 Pruebas de caja negra CPCN, 57 Pruebas Exploratorias CPE). Todas las pruebas fueron exitosas.

- Análisis de Datos

Teniendo en cuenta todas las funcionalidades del sistema, los usuarios y al cliente se tiene el siguiente análisis de datos. Ver Tabla XXIV.

Tabla XXIV. LISTADO DE FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA

Módulo	**Funcionalidad**	**Usuario**
Granja Acuícola	Contenido	Invitado
Modelos Acuapónicos	Sistema Unifamiliar	Invitado
	Modelo Granja Urbana	Invitado
	Modelo Pequeño Productor	Invitado
	Modelo Comercial Granja Rural	Invitado
Cursos de Acuaponía	Introducción a la Acuaponía	Invitado
	Manejo de Peces en Acuaponía	Invitado
	Manejo de Plantas en Acuaponía	Invitado
	Manejo Integrado de un Sistema Acuapónico	Invitado
Construcción de un Sistema Acuapónico	Sistema DFT Cultivo de Plantas	Usuario Logueado
	Sedimentador	Usuario Logueado
	Biofiltro	Usuario Logueado
	Tanque	Usuario Logueado
Construcción Juegos	Conecta Palabras	Usuario Logueado
	Selecciona el montaje parcial correcto	Usuario Logueado
	Rompecabezas modelo unifamiliar	Usuario Logueado
	Evaluación	Usuario Logueado
Indicaciones de Un Sistema Acuapónico	Germinación y siembra de plantas	Usuario Logueado
	Plantas de ciclo corto	Usuario Logueado
	Plantas de ciclo largo	Usuario Logueado
	Tipos de peces y manejo	Usuario Logueado
	Cómo alimentar a los peces	Usuario Logueado
Recomendaciones de Un Sistema Acuapónico	Revisión diaria	Usuario Logueado
	Revisión semanal	Usuario Logueado
	Revisión mensual	Usuario Logueado
	Revisión trimestral	Usuario Logueado
Alertar de Un Sistema Acuapónico	Alertas	Usuario Logueado
	Uso de sal marina	Usuario Logueado

	Medición de parámetros del agua	Usuario Logueado
	Uso de cal	Usuario Logueado
Indicaciones de Un Sistema Acuapónico - Juegos	Conecta Palabras	Usuario Logueado
	Selecciona el montaje parcial correcto	Usuario Logueado
	Rompecabezas modelo unifamiliar	Usuario Logueado
	Evaluación	Usuario Logueado
Iniciar Sesión	Inicio de sesión - Iniciar	Invitado
	Inicio de sesión - Cerrar	Usuario Logueado
Contáctenos	Whats App	Invitado
	Facebook	Invitado
	Instagram	Invitado
	Correo	Invitado
Ayuda	Información General	Invitado
	Conceptos Básicos	Invitado
	Sobre la Aplicación	Invitado
	Manual de Usuario	Invitado
	Preguntas Frecuentes	Invitado
Ver Ranking	Ranking	Administrador
Gestionar Solicitudes	Aceptar solicitudes	Administrador
Gestionar Puntos	Eliminar puntos	Administrador
Gestionar Usuarios	Gestión Usuarios	Administrador
Gestionar App	Volumen	Invitado
	Tamaño	Invitado

Los casos de prueba Caja Negra propuestos para las pruebas de la aplicación se listan en la Tabla XXV a continuación, el resumen de los casos de prueba completo se puede observar en el Anexo C. Plan de Pruebas.

Tabla XXV. LISTADO CASOS DE PRUEBA DE CAJA NEGRA

ID.	Modulo	Funcionalidad	Usuario	Descripción	Precondición	Datos	Pasos	Resultados Esperados	Resultado Obtenido
CPCN1	Iniciar Sesión	Inicio de sesión - Iniciar	Invitado	Un usuario que cuenta con cuenta de Google puede iniciar sesión en la aplicación.	Contar con cuenta Gmail	ygarcesb@sena.edu.co	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en el submenú Iniciar sesión. 3. Dar clic en iniciar sesión. 4. Dar clic en el correo ygarcesb@sena.edu.co	1. Sesión iniciada.	OK
CPCN2	Iniciar Sesión	Inicio de sesión - Iniciar	Administrador	El usuario con cuenta de administrador inicia sesión y consigue ver el menú de administrador. El menú administrador contiene: Gestionar solicitudes, Ver ranking, administrar puntos, Gestionar usuarios.	Cuenta administrador	yulagarces@gmail.com	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en el submenú Iniciar sesión. 3. Dar clic en el correo yulagarces@gmail.com	1. Sesión iniciada. 2. Menú administrador proyectado.	OK
CPCN3	Iniciar Sesión	Inicio de sesión - Cerrar	Usuario Logueado	Un usuario que cuenta con inicio de sesión puede cerrar su sesión.	Sesión iniciada		1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en el submenú Iniciar sesión. 3. Dar clic en cerrar sesión.	1. Sesión finalizada.	OK

CPCN4	Construcción de un sistema	Habilitar	Invitado	Luego de iniciar sesión un usuario puede ver el contenido de Construcción de un sistema.	Sesión iniciada	ygarcesb@sena.edu.co	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en el sumbenú Iniciar sesión. 3. Dar clic en iniciar sesión. 4. Dar clic en el correo ygarcesb@sena.edu.co 5. Dar clic en el submenú Construcción de un sistema.	1. Acceso al contenido Construcción de un Sistema.	OK
CPCN5	Indicaciones de un sistema	Habilitar	Invitado	Luego de iniciar sesión un usuario puede ver el contenido de Indicaciones de un sistema.	Sesión iniciada	ygarcesb@sena.edu.co	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en el sumbenú Iniciar sesión. 3. Dar clic en iniciar sesión. 4. Dar clic en el correo ygarcesb@sena.edu.co 5. Dar clic en el submenú Indicaciones de un sistema.	1. Acceso al contenido Indicaciones de un Sistema.	OK

Los casos de prueba exploratorios propuestos para la aplicación se listan en la Tabla XXVI a continuación, el resumen detallado de la totalidad de los casos puede consultarse en el Anexo C. Plan de Pruebas.

Tabla XXVI. LISTADO CASOS DE PRUEBA EXPLORATORIOS

ID.	Modulo	Funcionalidad	Usuario	Descripción	Precondición	Datos	Pasos	Resultados Esperados	Resultado Obtenido
CPE1	Granja Acuícola	Contenido	Invitado	La aplicación debe mostrar en el menú principal el submenú granja acuícola, y este debe dirigir a la pantalla Granja Acuícola con contenido textual, fotos en carrusel y video.	NA	NA	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en el submenú Granja acuícola	1. Mostrar en pantalla contenido Granja Acuícola 2. Cargar video Acuaponía Granja Acuícola	OK

CPE2	Modelos Acuapónicos	Contenido	Invitado	La aplicación debe mostrar en el menú principal el submenú Modelos Acuapónicos, y este debe dirigir a la pantalla Modelos acuapónicos, listando los cuatro modelos: Sistema Unifamiliar, Modelo granja urbana, Modelo pequeño productor y Modelo Comercial granja rural.	NA	NA	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en el submenú Modelos acuapónicos.	1. Mostrar en pantalla contenido Modelos acuapónicos. 2. Mostrar en pantalla Sistema Unifamiliar. 3. Mostrar en pantalla Modelo Granja Urbana. 4. Mostrar en pantalla Modelo pequeño productor. 5. Mostrar en pantalla Modelo comercial granja rural.	OK
CP3	Modelos Acuapónicos	Sistema Unifamiliar	Invitado	El submenú Sistema unifamiliar debe tener comportamiento acordeón, al dar clic debe mostrar foto de modelo Unifamiliar, texto capacidad de producción y descripción en cuadro de la capacidad.	NA	NA	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en Modelos acuapónicos. 3. Dar clic en Sistema unifamiliar.	1. Desplegar en pantalla contenido sistema unifamiliar. 2. Movimiento acordeón para mostrar y quitar contenido.	OK
CP4	Modelos Acuapónicos	Modelo Granja Urbana	Invitado	El submenú Modelo granja urbana debe tener comportamiento acordeón, al dar clic debe mostrar foto de modelo granja urbana, texto capacidad de producción y descripción en cuadro de la capacidad.	NA	NA	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en Modelos acuapónicos. 3. Dar clic en Modelo granja urbana.	1. Desplegar en pantalla contenido Modelo granja urbana. 2. Movimiento acordeón para mostrar y ocultar contenido.	Ok

CP5	Modelos Acuapónicos	Modelo Pequeño Productor	Invitado	El submenú Modelo Pequeño Productor debe tener comportamiento acordeón, al dar clic debe mostrar foto de modelo pequeño productor, texto capacidad de producción y descripción en cuadro de la capacidad.	NA	NA	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en Modelos acuapónicos. 3. Dar clic en Modelo pequeño productor.	1. Desplegar en pantalla contenido Modelo pequeño productor. 2. Movimiento acordeón para mostrar contenido.	OK
CP6	Modelos Acuapónicos	Modelo Comercial Granja Rural	Invitado	El submenú Modelo comercial granja rural debe tener comportamiento acordeón, al dar clic debe mostrar foto de Modelo comercial granja rural, texto capacidad de producción y descripción en cuadro de la capacidad.	NA	NA	1. Dar clic en el menú hamburguesa. 2. Dar clic en Modelos acuapónicos. 3. Dar clic en Modelo comercial granja rural.	1. Desplegar en pantalla contenido Modelo comercial granja rural. 2. Movimiento acordeón para mostrar contenido.	OK

Los demás casos de pruebas Exploratorias pueden consultarse en el Anexo C. Plan de Pruebas.

B. Fase III: PostGame

En este apartado se hace la validación con el Product Owner, se revisan los criterios de aceptación y completados se hace la generación del instalable (APK) para pasar a fase de validación. La aceptación de los criterios se hace a través del tablero Trello y la aplicación se genera en modo producción. El resultado del proceso se evidencia en la Fig. 38.

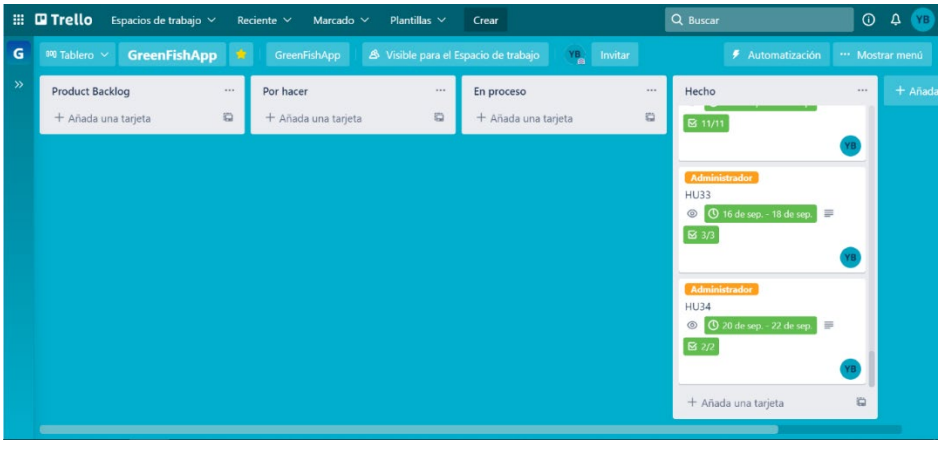

Fig. 38. Pantalla final Trello

V. EVALUACIÓN DE ACCESIBILIDAD Y USABILIDAD

Para poder analizar la accesibilidad y usabilidad de la aplicación se toma como base a 10 personas, divididas en 2 grupos de 5 para el desarrollo del taller, teniendo en cuenta que el número de usuarios para encontrar problemas de usabilidad es 5, propuesto por Jakob Nielsen[58], se itera con ellos de manera periódica hasta solucionar los problemas encontrados dentro de la evaluación planteada. El objetivo de la prueba es que los usuarios interactúen con el recurso desarrollado y luego a partir de la experiencia, inspeccionen el cumplimiento de las pautas de accesibilidad y usabilidad definidas.

A. Taller

Para la realización del taller se deben seguir los pasos propuestos en la Fig. 39.

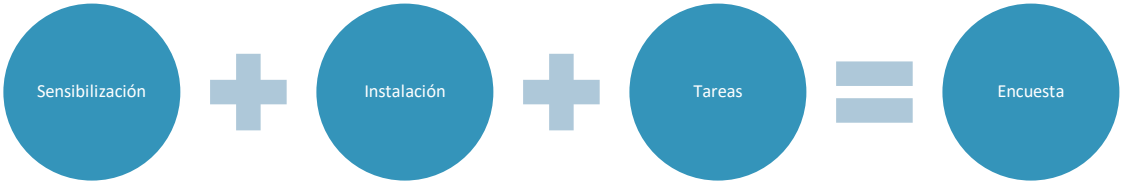

Fig. 39. Pasos taller de inspección de usabilidad y accesibilidad

Luego de firmar el Acuerdo de Confidencialidad por parte de los 10 usuarios, se hace la sensibilización del proyecto, se presenta a la Empresa, su misión, visión, los productos que ofrece, su página web, y finalmente el objetivo general de este proyecto. Se comparte el apk a través de correo electrónico, se hace la verificación de la instalación del aplicativo y se procede a ejecutar el taller.

Para los dos grupos de usuario se fijan las siguientes tareas:

1. Explorar la aplicación en su totalidad.
2. Iniciar sesión.
3. Aparecer en el ranking general.
4. Comunicarse con la empresa a través de la aplicación.

El tiempo para realizar las tareas es de 30 minutos.

Finalizando las tareas cada usuario dependiendo del grupo al que pertenece, debe diligenciar un cuestionario. Se agradece la participación y se finaliza la sesión.

1) Cuestionarios:

De este modo las preguntas definidas, corresponden a los criterios de verificación del cumplimiento de las recomendaciones consideradas a nivel de usabilidad y accesibilidad. Las preguntas son respondidas por los usuarios en un rango de 1 a 5 y haciendo uso de la escala de Likert, donde 1 es totalmente insatisfactorio y 5 muy satisfactorio.

a) Cuestionario usabilidad:

En la Tabla XXVII se muestran las preguntas o criterios de evaluación para las recomendaciones establecidas.

Tabla XXVII. LISTADO DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN USABILIDAD

Código	Recomendación	Pregunta/Criterio de verificación
UH1 – Visibilidad del estado del sistema.	Se recomienda que el aplicativo móvil responda a cada una de las acciones que realiza el usuario.	¿En qué grado el sistema responde a cada una de las acciones que el usuario realiza?
	Se recomienda que el aplicativo móvil indique la sección donde se encuentra el usuario.	¿En qué grado el sistema muestra la sección en donde se encuentra el usuario?
	Se recomienda que el aplicativo móvil destaque una opción seleccionada respecto de otras.	¿En qué grado el sistema destaca la opción seleccionada de las otras?
	Los tiempos de respuesta son razonables.	¿En qué grado el sistema responde de forma rápida a las acciones del usuario?
UH2 – Correspondencia entre la aplicación y el mundo real	Se recomienda que el aplicativo móvil esté diseñado en el idioma que indica.	¿En qué grado el sistema está diseñado en un idioma reconocido?
	Se recomienda que el aplicativo móvil use palabras, frases, conceptos e imágenes asociados al mundo real.	¿En qué grado el sistema usa palabras, frases, conceptos e imágenes asociadas al mundo real?
	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información de forma simple, natural y en orden lógico.	¿En qué grado el sistema presenta la información de forma simple, natural y en orden lógico?
UH3 – Control y libertad del usuario	Se recomienda que el aplicativo móvil tenga una salida a cualquier proceso que se esté realizando.	¿En qué grado el sistema permite regresar de una acción que se esté realizando?
	Se recomienda que el aplicativo móvil contenga un vínculo para regresar a la página de inicio.	¿En qué grado el sistema tiene un vínculo para regresar al inicio?
	Se recomienda que el aplicativo móvil no permita iniciar de forma automática acciones que no han sido seleccionadas por el usuario.	¿En qué grado el sistema no inicia acciones que no han sido seleccionadas por el usuario?
UH4 – Coherencia y normas	Se recomienda que los elementos utilizados en el todo el aplicativo móvil sean similares.	¿En qué grado los elementos del sistema son similares en todas las pantallas?
	Se recomienda que las etiquetas de los vínculos del aplicativo móvil tengan los mismos nombres de los títulos de las pantallas a los que dirigen.	¿En qué grado los subtítulos del menú son iguales a los títulos de las pantallas?
	Se recomienda que el aplicativo móvil repita secuencias de acciones en situaciones similares.	¿En qué grado el sistema permite que, en situaciones similares, se repiten secuencias de acciones?

	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información estructurada de forma similar en todo el sistema.	¿En qué grado el sistema presenta la información estructurada de forma similar?
UH5 – Prevención de errores	Se recomienda que el aplicativo móvil evite que el usuario cometa errores.	¿En qué grado el sistema evita que el usuario cometa errores?
	Se recomienda que el aplicativo móvil presente mensajes fáciles de entender que prevengan posibles errores.	¿En qué grado los mensajes presentados dentro del sistema son fáciles de entender?
	Se recomienda que los campos de datos de entrada del aplicativo móvil contengan valores por defecto cuando corresponde.	¿En qué grado el sistema contiene valores por defecto cuándo corresponde?
	Se recomienda que los campos de datos de entrada del aplicativo móvil sean validados.	¿En qué grado el sistema valida los campos de entrada?
UH6 – Minimizar la carga de memoria del usuario.	Se recomienda que las acciones y/o funciones del aplicativo móvil sean fáciles de recordar.	¿En qué grado las acciones y/o funciones del sistema son fáciles de recordar?
	Se recomienda que los campos de entrada del aplicativo móvil ya diligenciados mantengan la información siempre recordada.	¿En qué grado el inicio de sesión del sistema es persistente?
	Se recomienda que los principales controles de interfaz del aplicativo móvil estén siempre disponibles, visibles y sean de fácil acceso.	¿En qué grado el menú, la ayuda, el inicio de sesión están disponibles, son visibles y de fácil acceso?
UH7 – Personalización y accesos directos	Se recomienda que el aplicativo móvil incluya accesos directos que permitan minimizar el tiempo de acceso a los elementos.	¿En qué grado el sistema presenta accesos directos a la información buscada requerida?
	Se recomienda que el aplicativo móvil permita personalizar a través de ajustes básicos el tamaño de la letra.	¿En qué grado el sistema permite configurar el tamaño de la letra?
	Se recomienda que el aplicativo móvil permita personalizar a través de ajustes básicos el volumen del audio.	¿En qué grado el sistema permite configurar el volumen del audio?
UH8 – Eficiencia de uso y rendimiento	Se recomienda que el aplicativo móvil responda en un tiempo razonable a las diferentes acciones del usuario.	¿En qué grado el sistema presenta la información y animaciones en un tiempo razonable?
	Se recomienda que el aplicativo móvil no pida información que ya ha sido solicitada en pantallas anteriores.	¿En qué grado el sistema almacena el inicio de sesión del usuario?
	Se recomienda que el aplicativo móvil permita seleccionar opciones sin rellenar campos.	¿En qué grado el sistema permite responder preguntas a través de opciones?
UH9 – Diseño estético y minimalista.	Se recomienda que la interfaz gráfica no esté sobrecargada de elementos innecesarios.	¿En qué grado la interfaz del sistema es simple y contiene solo información necesaria?
	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información clara, concisa y simple.	¿En qué grado la información del sistema es presentada de forma simple, concisa y clara?

	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la suficiente información para realizar una acción.	¿En qué grado la información del sistema es suficiente para pasar a la zona de juegos?
	Se recomienda que el aplicativo móvil use colores en un contraste adecuado.	¿En qué grado el contraste de colores del sistema es adecuado?
UH10 – Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores.	Se recomienda que las instrucciones presentadas por el aplicativo móvil estén libres de tecnicismos.	¿En qué grado el sistema presenta mensajes emergentes fáciles de entender?
	Se recomienda que los mensajes de error del aplicativo móvil eviten usar expresiones agresivas contra el usuario.	¿En qué grado el sistema presenta mensajes amigables con el usuario?
	Se recomienda que el aplicativo móvil presente mensajes de error que orienten al usuario a solucionar el problema.	¿En qué grado el sistema presenta mensajes con ayudas para solucionar el problema?
UH11 – Ayuda y documentación	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con una opción de ayuda.	¿En qué grado el sistema presenta una opción de ayuda?
	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con una ayuda sencilla y clara.	¿En qué grado el sistema presenta una ayuda sencilla y clara?
	Se recomienda que en el aplicativo móvil la ayuda esté siempre visible y disponible.	¿En qué grado el sistema presenta una ayuda visible y siempre disponible?
	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con ayudas contextuales para la zona de juegos.	¿En qué grado el sistema presenta ayudas contextuales como gifs o sonidos en la zona de juegos?
UH12 – Interacción agradable y respetuosa con el usuario	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con colores que no sean agresivos visiblemente.	¿En qué grado se sintió cómodo con los colores que componen el sistema?
	Se recomienda que el aplicativo móvil cuente con una navegabilidad fácil de entender para el usuario.	¿En qué grado se sintió cómodo con la navegabilidad de la aplicación?
	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información en forma agradable, divertida y entendible por el usuario.	¿En qué grado se sintió cómodo jugando dentro de la aplicación?
UH13 - Privacidad	Se recomienda que el aplicativo móvil permita iniciar sesión a través de un proceso seguro.	¿En qué grado se sintió seguro iniciando sesión?
	Se recomienda que el aplicativo móvil proteja los datos sensibles del usuario.	¿En qué grado el sistema protege los datos sensibles del usuario?
	Se recomienda que el aplicativo móvil no liste los datos sensibles del usuario.	¿En qué grado el sistema protege los datos sensibles del usuario?

b) Cuestionario accesibilidad:

En la Tabla XXVIII se presentan las preguntas y/o criterios de verificación desarrollados para el cuestionario de accesibilidad.

Tabla XXVIII. LISTADO DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN ACCESIBILIDAD

Principio	Recomendación	Pregunta/Criterio de verificación
Perceptible	Se recomienda que el recurso educativo presentado dentro del aplicativo móvil tenga la opción de sonido para presentar información textual.	¿En qué grado el sistema presenta sonido para la información del recurso de aprendizaje?
	Se recomienda que el aplicativo móvil permita que el tamaño del texto y las relaciones puedan ser programadas por el usuario.	¿En qué grado el sistema permite modificar el tamaño de la letra?
	Se recomienda que el aplicativo móvil presente la información con una secuencia de lectura correcta para los contenidos.	¿En qué grado el sistema presenta la información con una secuencia de lectura correcta?
	Se recomienda generar ayudas contextuales para la retroalimentación de los juegos.	¿En qué grado el sistema presenta ayudas contextuales diferentes al color, forma, tamaño o ubicación para llevar a cabo el juego?
	Se recomienda que el aplicativo móvil contenga una configuración para controlar el volumen de los sonidos diferente al volumen del teléfono.	¿En qué grado el sistema permite configurar el volumen de los sonidos?
Operable	Se recomienda que el aplicativo móvil almacene la sesión del usuario para consultas posteriores.	¿En qué grado el sistema almacena el inicio de sesión del usuario?
	Se recomienda que los videos del aplicativo móvil puedan pararse, pausarse o iniciar cuando el usuario lo desee.	¿En qué grado el sistema permite parar, pausar o iniciar un video?
	Se recomienda que el aplicativo móvil no permita el parpadeo más de tres veces por segundo o el parpadeo esté por debajo de los umbrales de parpadeo general del ojo	¿En qué grado el sistema presenta parpadeos por encima de los umbrales del parpadeo general del ojo?
	Se recomienda que el aplicativo móvil permita acceder a cualquier información presentada en cualquier momento, saltando bloques de derivación.	¿En qué grado el sistema permite navegar a cualquier pantalla del menú desde cualquier otra pantalla?
	Se recomienda que las pantallas del aplicativo móvil tengan Títulos alusivos al propósito de la pantalla.	¿En qué grado el sistema muestra las pantallas con títulos alusivos al propósito de la información presentada?
	Se recomienda que el texto del enlace sea igual que el título de la pantalla mostrada.	¿En qué grado el texto del menú del sistema es igual al título de la pantalla mostrada?
	Se recomienda que el aplicativo móvil permita mover elementos de una lista a	¿En qué grado el sistema permite mover elementos con el clic sostenido de una lista a otro espacio?

	un punto en específico si así lo requiere el juego.	
Comprensible	Se recomienda que el lenguaje mostrado en el aplicativo móvil sea entendible por los usuarios.	¿En qué grado el sistema presenta la información en un lenguaje entendido por el usuario?
	Se recomienda que el cambio de foco a cualquier pantalla no inicie ninguna acción no definida por el usuario.	¿En qué grado el sistema no permite iniciar acciones a menos de que el usuario lo requiera?
	Se recomienda que el aplicativo móvil realice cambios en el contexto luego de guardar la configuración seleccionada.	¿En qué grado el sistema aplica los cambios en la configuración únicamente después de guardar los cambios seleccionados?
	Se recomienda generar mensajes de apoyo cuando el usuario cometa errores.	¿En qué grado el sistema presenta mensajes de error cuando el usuario comete infracciones?
	Se recomienda que el aplicativo móvil presente instrucciones para realizar acciones diferentes a las habituales.	¿En qué grado el sistema presenta ayudas contextuales en la zona de juegos?
Robusto	Se recomienda que el aplicativo móvil contenga los textos programables, e ides únicos en toda la programación	¿En qué grado el sistema tiene etiquetas e identificadores para todos los textos mostrados?
	Se recomienda que las acciones del aplicativo móvil sean programables.	¿En qué grado el sistema permite programar las acciones realizadas por el usuario?

B. Desarrollo de la inspección

Para el desarrollo de la sesión de inspección se ubican a las 10 personas en frente de un Televisor para la sensibilización del proyecto y llevar a cabo el proceso, se puede observar la disposición del equipo en la Fig. 40. Dentro de los equipos móviles se reconocen sistemas operativos Android 5 Lollipop, 6 Marhmallo, 8 Oreo, 9 pie y android 11. En todos los dispositivos la aplicación funcionó de forma correcta. Se compartió el APK a través de un grupo WhatsApp. En las Fig. 41 se evidencian algunas fotos de la prueba.

Fig. 40. Foto sensibilización del proyecto

Fig. 41. Fotos inspección usabilidad y accesibilidad

C. Análisis de resultados.

La escala de calificación se definió de 1 a 5 en donde 1 se asociaba a Totalmente insatisfactorio y 5 Muy satisfactorio, esta escala se utilizó para cada una de las preguntas realizadas dentro de los cuestionarios. Esto con el fin de obtener un análisis cualitativo y cuantitativo de la aplicación. Un ejemplo se presenta en la Fig. 40

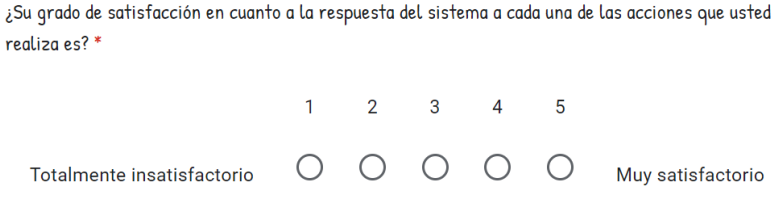

Fig. 42. Ejemplo pregunta cuestionario

Para la cualificación definitiva se tiene en cuenta la medición propuesta en la Tabla XXIV.

Tabla XXIX. PROPUESTA DE MEDICIÓN DE SATISFACCIÓN

Nivel de Satisfacción	**Rango**
Bajo	1 a 3
Neutral	>3 y <4
Satisfactorio	4 a 4.5
Alto	>4.5

A partir de la realización del taller, las encuestas, se presenta en la siguiente sección los resultados obtenidos por cada uno de los usuarios a nivel de los criterios correspondientes a cada principio de usabilidad. Se presentará una gráfica con los resultados obtenidos por cada heurística, una tabla con el promedio general obtenido y una conclusión de la heurística analizada.

1) Usabilidad

- UH1 – Visibilidad del Estado del Sistema

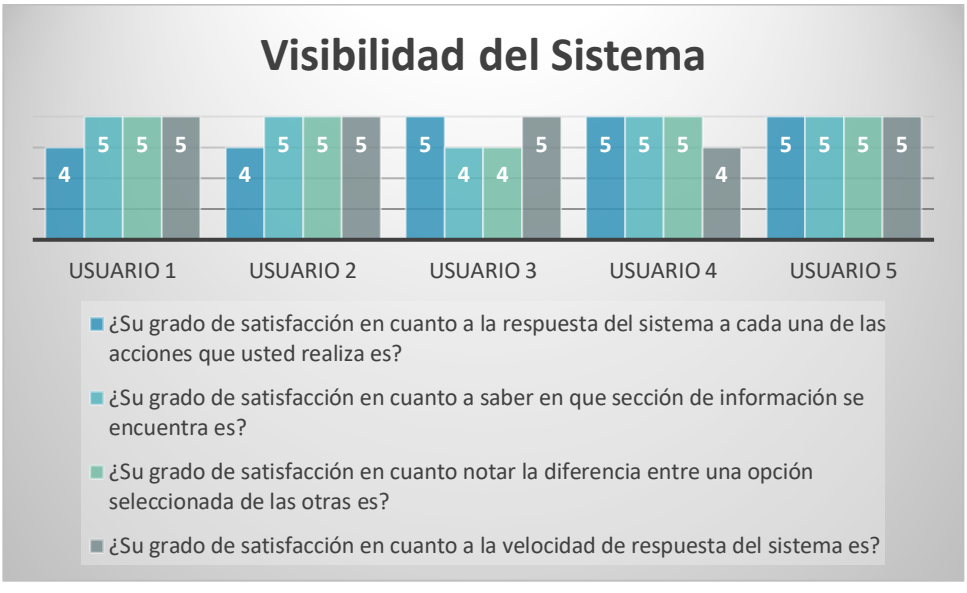

Fig. 43. Gráfica resultados heurística visibilidad del sistema

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXX. PROMEDIO VISIBILIDAD DEL SISTEMA

	Pregunta 1	**Pregunta 2**	**Pregunta 3**	**Pregunta 4**	**Total**
Promedio	4,6	4,8	4,8	4,8	4,75

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,75 concluyendo que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la visibilidad del sistema. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio visibilidad del sistema del 95%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH2 – Correspondencia entre la aplicación y el mundo real.

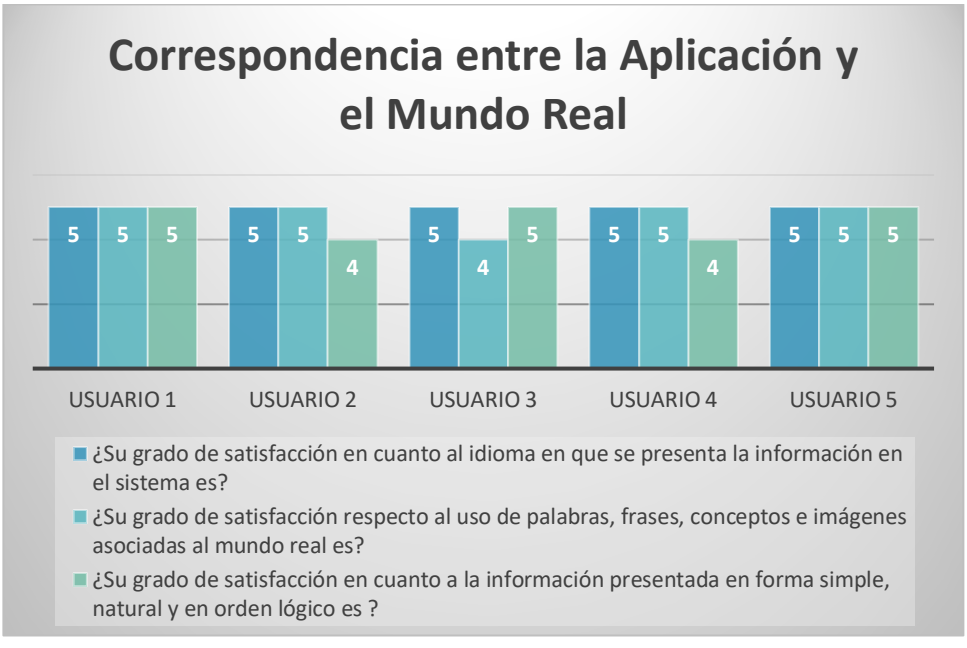

Fig. 44. Gráfica resultados heurística correspondencia entre la aplicación y el mundo real

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXI. PROMEDIO CORRESPONDENCIA ENTRE LA APLICACIÓN Y EL MUNDO REAL

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Total
Promedio	5	4,8	4,6	4,8

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,8 concluyendo que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la correspondencia entre la aplicación y el mundo real. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio correspondencia entre la aplicación y el mundo real del 96%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH3 - Control y libertad del usuario.

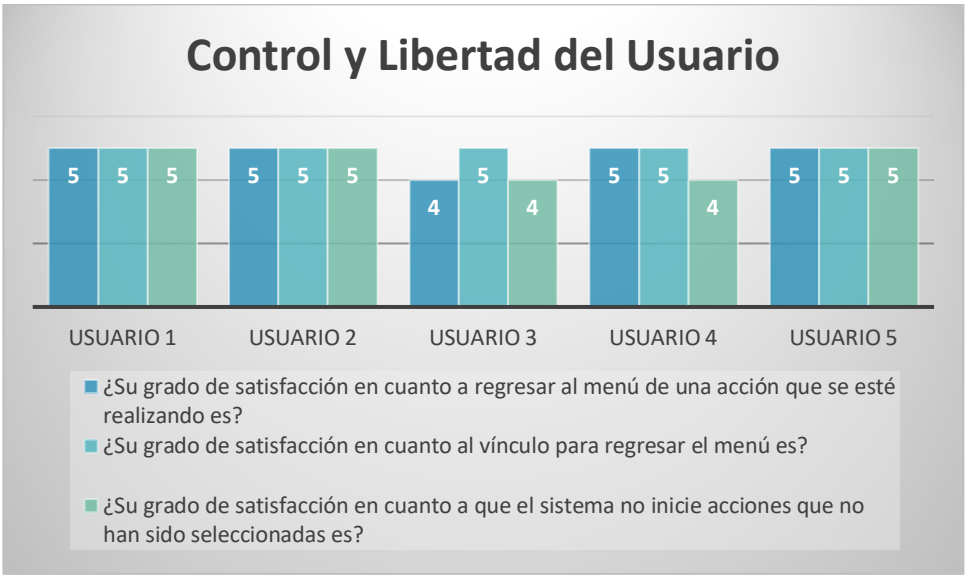

Fig. 45. Gráfica resultados heurística control y libertad del usuario

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXII. PROMEDIO CONTROL Y LIBERTAD DEL USUARIO

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Total
Promedio	4,8	5	4,6	4,8

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,8 concluyendo que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada al control y libertad del usuario. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio control y libertad del usuario del 96%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH4 - Coherencia y normas.

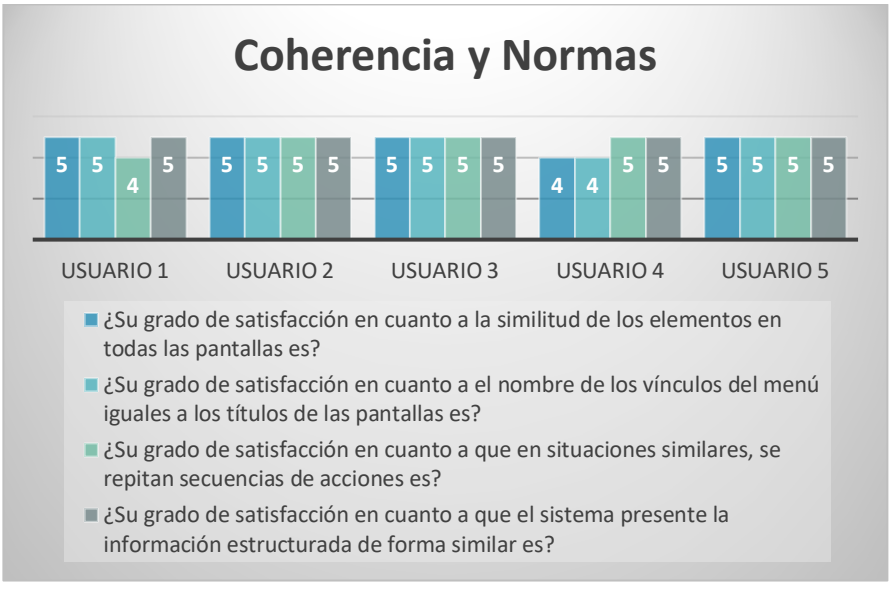

Fig. 46. Gráfica resultados heurística coherencia y normas

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXIII. PROMEDIO COHERENCIA Y NORMAS

	Pregunta 1	**Pregunta 2**	**Pregunta 3**	**Pregunta 4**	**Total**
Promedio	4,8	4,8	4,8	5	4,85

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,85 concluyendo que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la coherencia y normas. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio coherencia y normas del 97%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH5 – Prevención de Errores

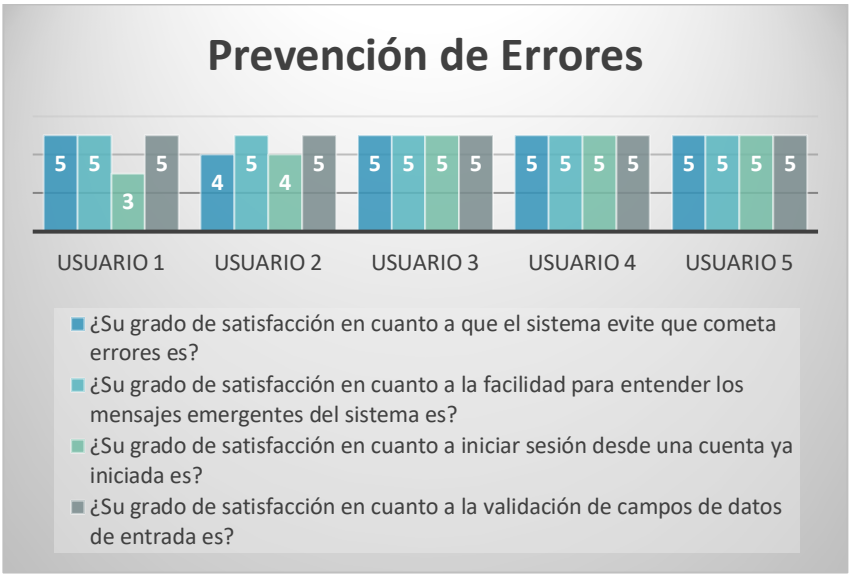

Fig. 47. Gráfica resultados heurística prevención de errores

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXIV. PROMEDIO PREVENCIÓN DE ERRORES

	Pregunta 1	**Pregunta 2**	**Pregunta 3**	**Pregunta 4**	**Total**
Promedio	4,8	5	4,4	5	4,8

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,8. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la prevención de errores. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio prevención de errores del 96%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH6 – Minimizar la memoria del usuario.

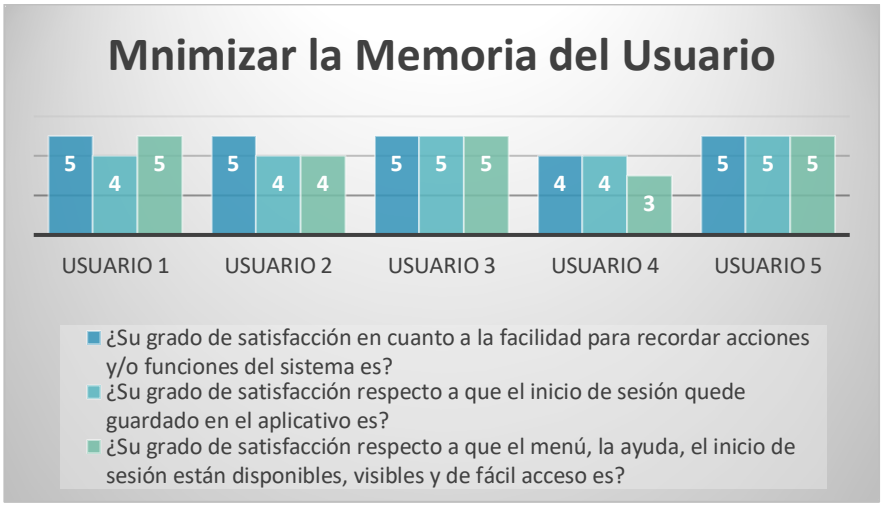

Fig. 48. Gráfica resultados heurística minimizar la memoria del usuario

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXV. PROMEDIO MINIMIZAR LA MEMORIA DEL USUARIO

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Total
Promedio	4,8	4,4	4,4	4,53

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,53. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la minimización de la memoria del usuario. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio minimizar la memoria del usuario del 90.6%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH7 – Personalización y Accesos Directos.

Fig. 49. Gráfica resultados heurística personalización y accesos directos

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXVI. PROMEDIO PERSONALIZACIÓN Y ACCESOS DIRECTOS

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Total
Promedio	4,8	5	4,8	4,87

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,87. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la personalización y accesos directos. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio personalización y accesos directos del 957.4, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH8 – Eficiencia de uso y rendimiento

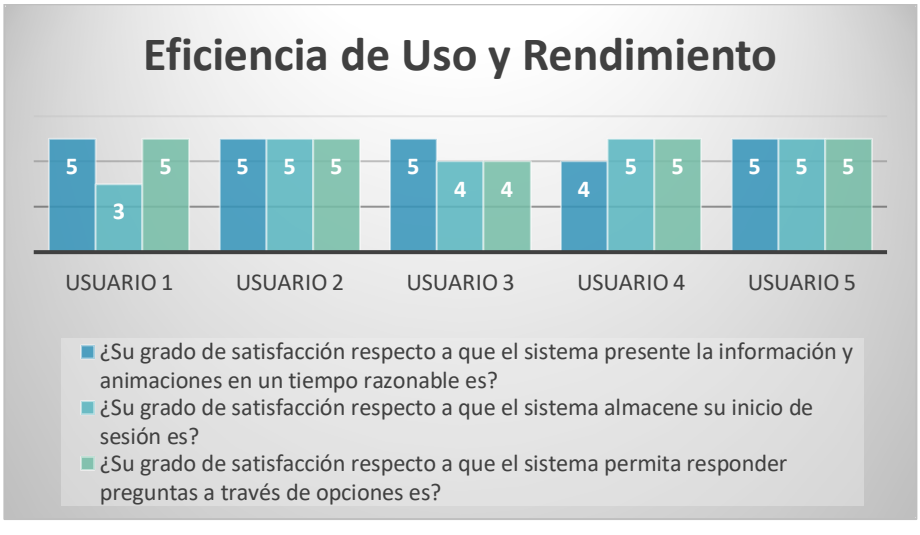

Fig. 50. Gráfica resultados heurística eficiencia de uso y rendimiento

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXVII. PROMEDIO EFICIENCIA DE USO Y RENDIMIENTO

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Total
Promedio	4,8	4,4	4,8	4,67

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,67. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la eficiencia de uso y rendimiento. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio eficiencia de uso y rendimiento del 93.4%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH9 – Diseño estético y minimalista

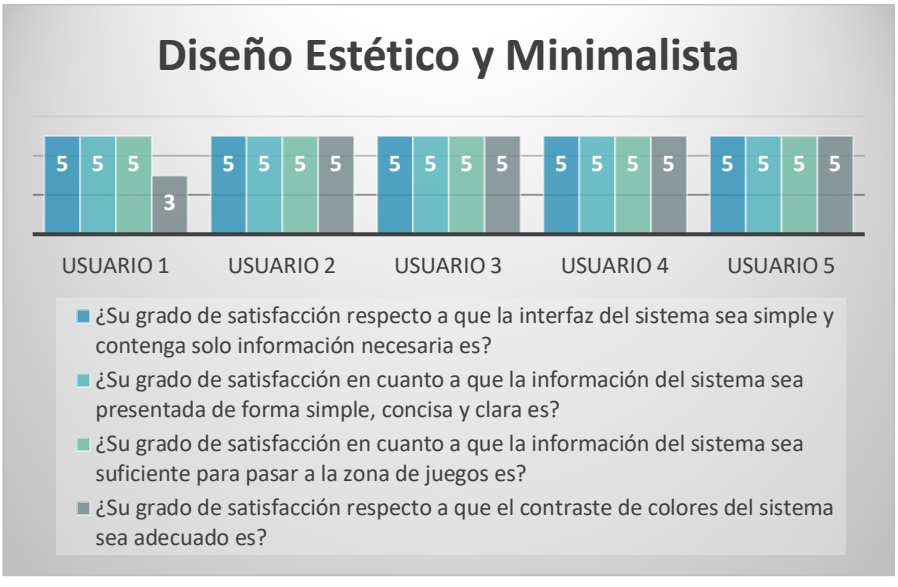

Fig. 51. Gráfica resultados heurística diseño estético y minimalista

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXVIII. PROMEDIO DISEÑO ESTÉTICO Y MINIMALISTA

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Total
Promedio	5	5	5	4,6	4,9

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,9. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada al diseño estético y minimalista. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio diseño estético y minimalista del 98%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH10 – Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores.

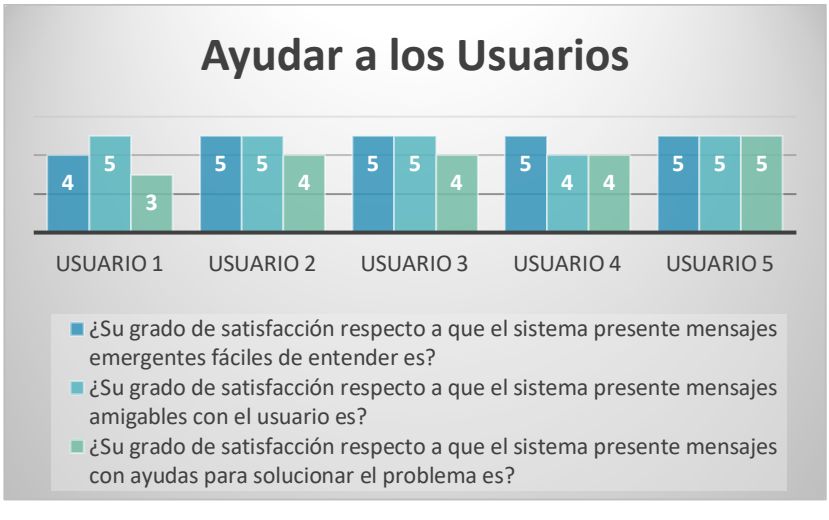

Fig. 52. Gráfica resultados heurística ayudar a los usuarios

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XXXIX. PROMEDIO AYUDAR A LOS USUARIOS

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Total
Promedio	4,8	4,8	4	4,53

Promedio	4,6	4,8	4,8	4,8

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,53. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio ayudar a los usuarios del 90.6%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH11 – Ayuda y Documentación

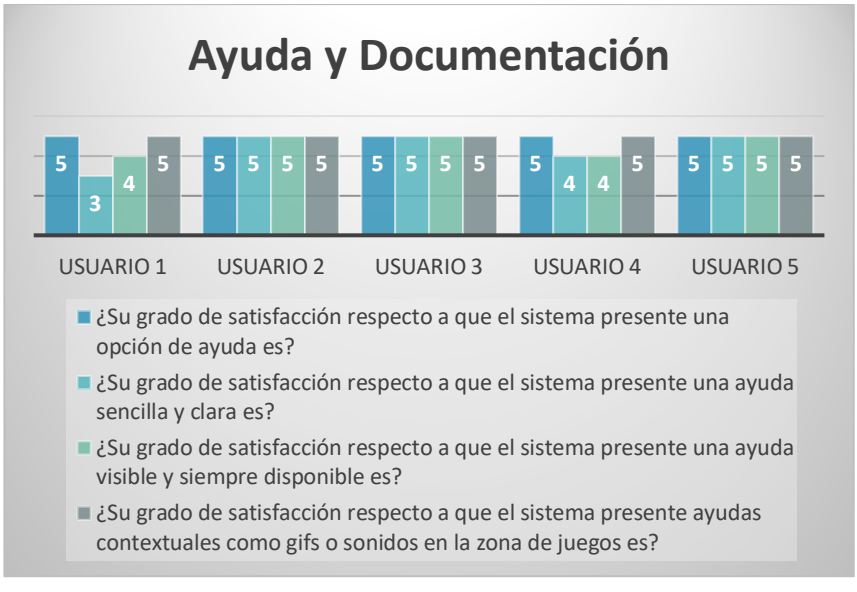

Fig. 53. Gráfica resultados heurística ayuda y documentación

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XL. PROMEDIO AYUDA Y DOCUMENTACIÓN

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Total
Promedio	5	4,4	4,6	5	4,75

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,75. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la ayuda y la documentación. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio ayuda y documentación del 95%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH12 – Interacción agradable y respetuosa con el usuario

Fig. 54.Gráfica resultados heurística interacción agradable y respetuosa

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XLI. PROMEDIO INTERACCIÓN AGRADABLE Y RESPUESTA AL USUARIO

	Pregunta 1	**Pregunta 2**	**Pregunta 3**	**Total**
Promedio	4,6	4,6	4,8	4,67

Promedio	4,6	4,8	4,8	4,8

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,67. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la interacción agradable y respetuosa con el usuario. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio interacción agradable y respuesta al usuario del 93.4%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- UH13 – Privacidad

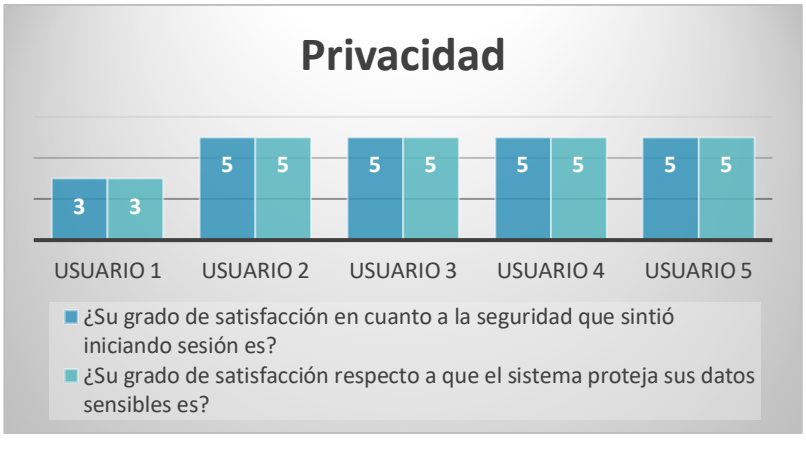

Fig. 55. Gráfica resultados heurística privacidad

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XLII. PROMEDIO PRIVACIDAD

	Pregunta 1	Pregunta 2	Total
Promedio	4,6	4,6	4,6

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,6. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción con la heurística asociada a la privacidad. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio privacidad del 92%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- Resultado global de usabilidad:

  En general se obtiene el siguiente resultado:

Tabla XLIII. PROMEDIO GENERAL USABILIDAD

	UH1	UH2	UH3	UH4	UH5	UH6	UH7	UH8	UH9	UH10	UH11	UH12	UH13	Total
Promedio	4,75	4,8	4,8	4,85	4,8	4,53	4,87	4,67	4,9	4,53	4,75	4,67	4,6	4,7

Los datos permiten obtener un promedio general de heurísticas del 4,7 > 4.5, por lo que se concluye según la tabla inicial establecida que el grado de satisfacción respecto a la inspección de usabilidad de la aplicación es alto, cumpliendo de esta manera con el nivel A de usabilidad propuesto. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento de todos los principios de un 94% >90%, lo cual concluye con un nivel de cumplimiento general del aplicativo móvil alto.

A partir de la realización del taller, las encuestas, se presenta en la siguiente sección los resultados obtenidos por cada uno de los usuarios a nivel de los criterios correspondientes a cada pauta de accesibilidad.

2) Accesibilidad:

- Principio Perceptible:

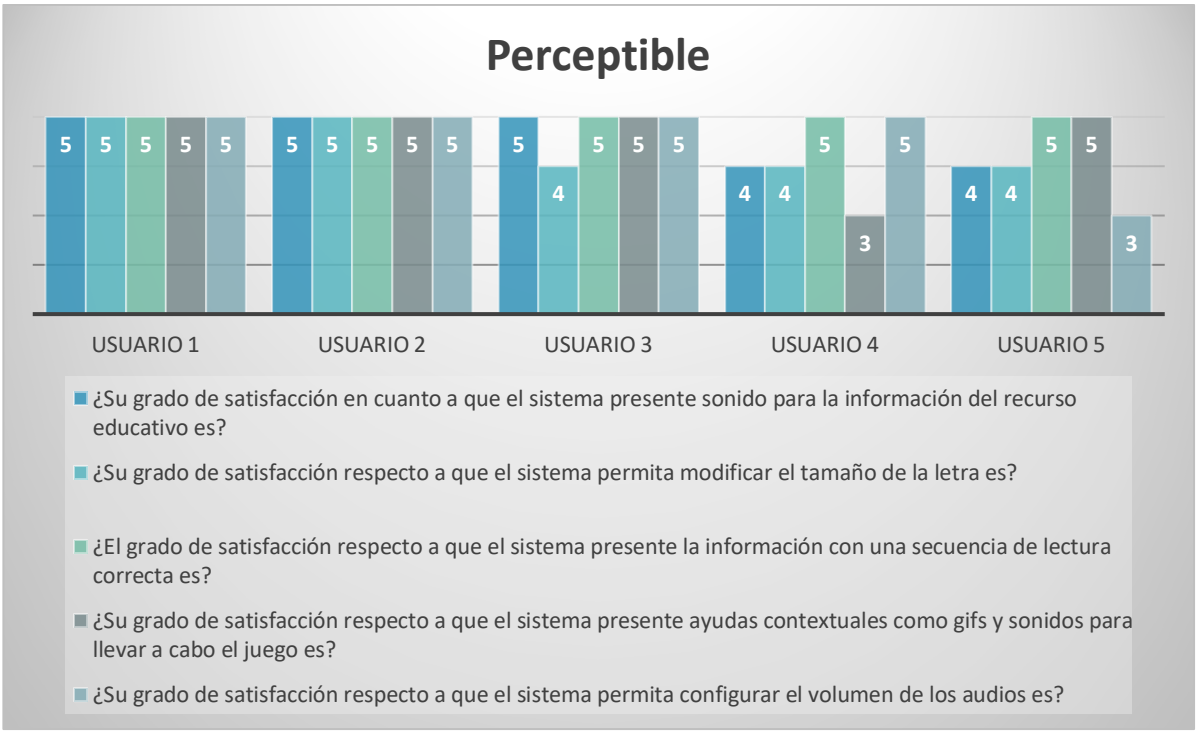

Fig. 56. Gráfica resultados principio perceptible

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XLIV. PROMEDIO PERCEPTIBLE

	Pregunta 1	**Pregunta 2**	**Pregunta 3**	**Pregunta 4**	**Pregunta 5**	**Total**
Promedio	4,6	4,4	5	4,6	4,6	4,64

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,64. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción asociado al principio perceptible. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio de accesibilidad perceptible del 92.8%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- Principio Operable:

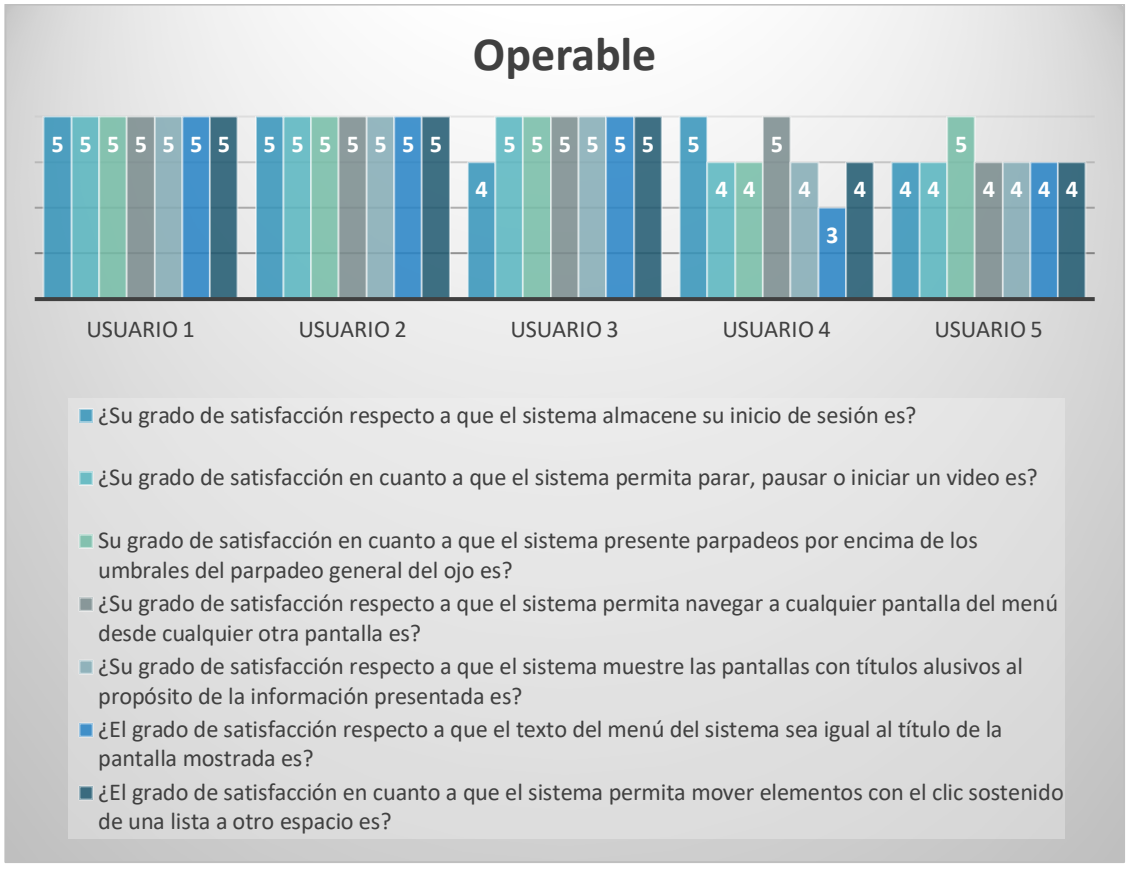

Fig. 57. Gráfica resultados principio operable

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XLV. PROMEDIO OPERABLE

	Pregunta 1	**Pregunta 2**	**Pregunta 3**	**Pregunta 4**	**Pregunta 5**	**Pregunta 6**	**Pregunta 7**	**Total**
Pro	4,6	4,6	4,8	4,8	4,6	4,4	4,6	4,62

Promedio	4,6	4,8	4,8	4,8

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,62. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción asociado al principio operable. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio de accesibilidad operable del 92.4%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- Principio Comprensible:

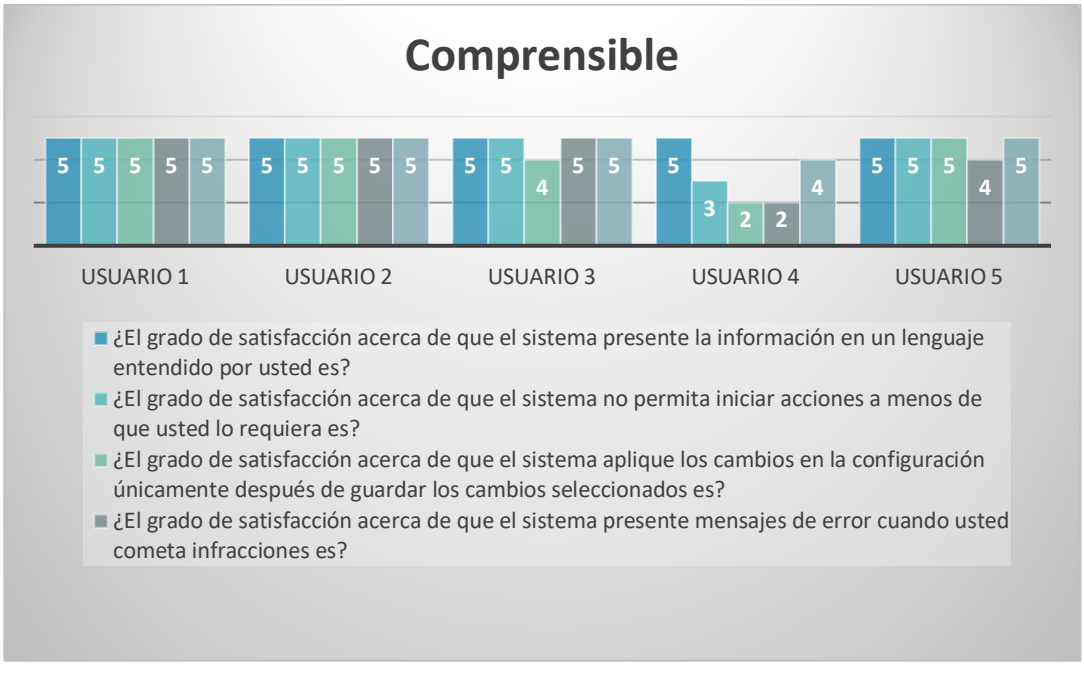

Fig. 58. Gráfica resultados principio comprensible

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XLVI. PROMEDIO COMPRENSIBLE

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Total
Promedio	5	4,6	4,2	4,2	4,8	4,56

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,56. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción asociado al principio comprensible. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio de accesibilidad comprensible del 91.2%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- Principio Robusto:

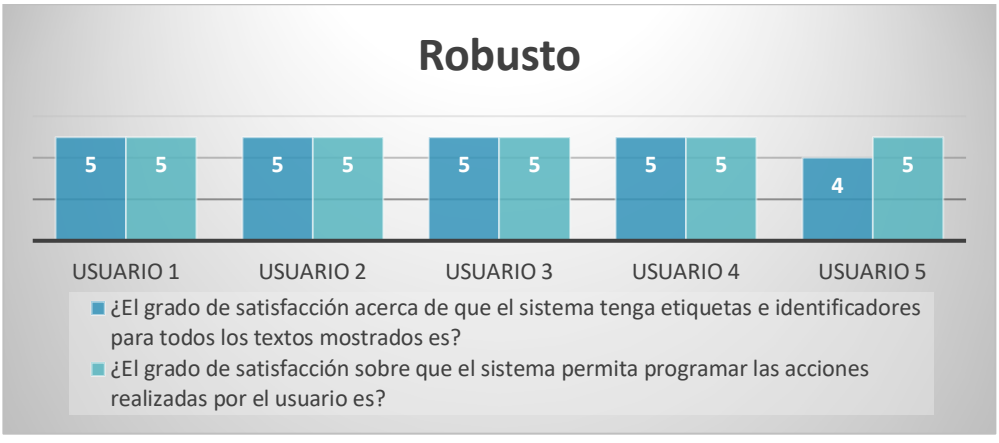

Fig. 59. Gráfica resultados principio robusto

Detalle de promedios por pregunta y general:

Tabla XLVII. PROMEDIO ROBUSTO

	Pregunta 1	Pregunta 2	Total
Promedio	4,8	4,5	4,9

De acuerdo con la anterior tabla se obtiene un promedio total de 4,56. Este promedio permite concluir que el aplicativo tiene un alto grado de satisfacción asociado al principio robusto. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento del principio de accesibilidad robusto del 98%, lo cual se encuentra dentro del nivel de cumplimiento alto.

- Resultado global de accesibilidad:

  En general se obtiene el siguiente resultado:

Tabla XLVIII. PROMEDIO GENERAL DE ACCESIBILIDAD

	Perceptible	Operable	Comprensible	Robusto	Total
Promedio	4,64	4,62	4,56	4,9	4,68

Los datos permiten obtener un promedio general de pautas de accesibilidad del 4,68 > 4.5, por lo que se concluye según la tabla inicial establecida que el grado de satisfacción respecto a la inspección de accesibilidad de la aplicación es alto, cumpliendo de esta manera con el nivel A de las pautas de accesibilidad propuestas. Lo anterior corresponde a un porcentaje de cumplimiento de los principios de accesibilidad del 93.6% > 90%, lo cual permite concluir que el nivel de accesibilidad del aplicativo móvil es alto.

VI. VALIDACIÓN DE APROPIACIÓN DE CONOCIMIENTO DEL RECURSO EDUCATIVO

Con el objetivo de llevar a cabo la validación de la apropiación de conocimiento, se realiza un estudio cuasi experimental[59] con 40 personas seleccionadas por la empresa. El estudio consiste en realizar una evaluación previa, una intervención para la exploración de la aplicación, y una evaluación posterior. El cuestionario consta de 25 preguntas que pueden ser resueltas de forma correcta luego de leer detenidamente la información suministrada por los Recursos de Aprendizaje Construcción de un Sistema Acuapónico y Mantenimiento de un Sistema Acuapónico, pasar por la zona de juegos desarrollada a través de elementos de gamificación e intentar quedar en el ranking de los mejores 10 jugadores. El estudio consta de una evaluación pre, un taller de sensibilización, una evaluación posterior y un análisis de datos que en conjunto permiten obtener una conclusión, como se muestra en la Fig. 60.

Fig. 60. Estudio validación de conocimiento

El cuestionario evaluación preguntas tipo selección con una única respuesta fue enviado antes del encuentro sincrónico llevado a cabo a través de Google meet.

A. Taller apropiación de conocimiento:

En el encuentro sincrónico, se reúnen las 40 personas, el directivo de GreenFish y la desarrolladora del proyecto. Se hace la presentación de la empresa, el objetivo del estudio y se comparte el APK a través de Google Drive y se procede a realizar la instalación y verificación del funcionamiento de la aplicación. En la Fig. 61 se evidencian algunas imágenes de la reunión.

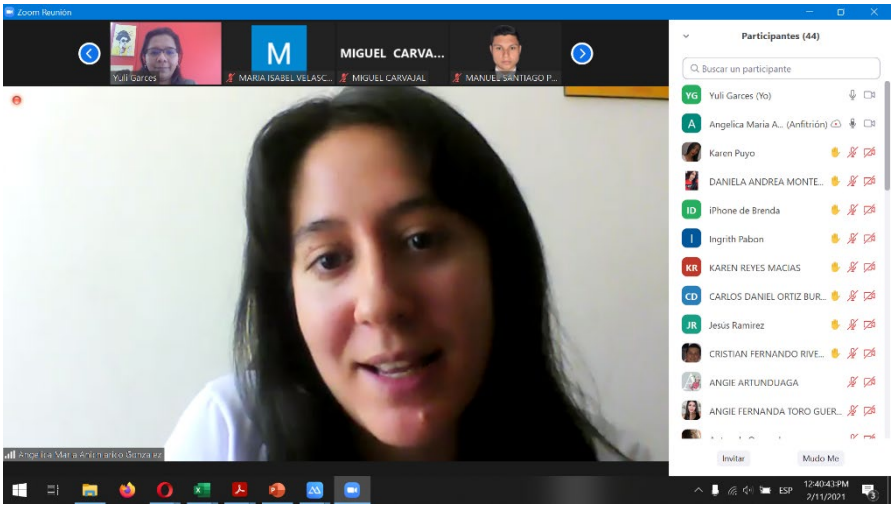

Fig. 61. Pantalla reunión meet validación

Se solicita a los usuarios que cumplan con la siguiente lista de pasos:

1. Iniciar sesión en el aplicativo.
2. Esperar la confirmación de aceptación del usuario administrador.
3. Recorrer la aplicación con detenimiento y entender el funcionamiento general.
4. Leer el contenido de Construcción de un Sistema.
5. Jugar los niveles del 1 al 5.
6. Leer el contenido de Indicaciones de un Sistema.
7. Jugar los niveles del 1 al 6.
8. Intentar aparecer en el ranking de 10 mejores jugadores.

Como motivador el directivo de la empresa refiere que a la primera persona que aparezca en el Ranking de posiciones se le ofrece una consulta técnica personalizada. Para el cumplimiento de las tareas se les otorga 45 minutos. Terminado el tiempo se procede a enviar el cuestionario Post.

B. Análisis de Datos.

La siguiente tabla muestra el total de personas que contestaron correctamente en la preevaluación y post evaluación, además de la variación obtenida entre los dos.

Tabla XLIX. RESULTADOS GENERALES PRE Y POST

Preguntas	**Pre**	**Post**	**Variación Pre-Post**
¿Qué son los Sistemas acuapónicos?	19	25	+6
¿El método utilizado en un Sistema acuapónico para la producción de alimento en un mismo espacio es?	16	12	-4
¿Un sistema acuapónico aprovecha al máximo los recursos naturales obteniendo?	13	25	+12
¿Los sistemas acuapónicos pueden ser potenciados con energías?	27	30	+3
¿Un sistema acuapónico unifamiliar se compone de?	25	26	+1
¿Un sistema DFT permite?	13	18	+5
¿El ciclo en días de las plantas de ciclo corto es de?	18	23	+5
¿El sistema DFT o cultivo de plantas es un sistema de?	12	21	+9
¿El sedimentador es el encargado de?	21	21	=
¿El sedimentador permite?	12	22	+10
¿El sedimentador también se conoce cómo?	4	18	+14
¿En el biofiltro se albergan?	15	26	+11
¿Aquí se transforman los desechos de los peces disueltos en el agua en nutrientes para las plantas?	11	23	+12
¿Cumple con la función de contener la bomba de recirculación que envía el agua a los demás componentes del sistema?	17	16	-1
¿El tanque contiene hasta?	9	15	+6

¿El tiempo de crecimiento de una planta de ciclo corto desde su trasplante hasta la cosecha es de?	18	26	+8
¿Los siguientes son tipos de plantas de ciclo corto?	23	29	+6
¿El tiempo de crecimiento de una planta de ciclo largo desde su trasplante hasta la cosecha es de?	16	22	+6
¿Los siguientes son tipos de plantas de ciclo largo?	18	30	+12
¿El policultivo en un tanque se refiere a?	10	13	+3
¿Los peces deben alimentarse?	15	25	+10
¿Qué se debe revisar todos los días en un sistema acuapónico?	25	30	+5
¿Qué se debe revisar cada semana en un sistema acuapónico?	16	23	+7
¿Qué se debe revisar cada mes en un sistema acuapónico?	17	21	+4
¿Qué se debe revisar cada 3 meses en un sistema acuapónico?	15	20	+5

Los resultados de la tabla XXIX se pueden apreciar de manera más clara en la Fig. 60, donde se presenta un diagrama lineal que evidencia de forma más clara un crecimiento en la proyección de los resultados obtenidos en la encuesta posterior al uso del aplicativo móvil.

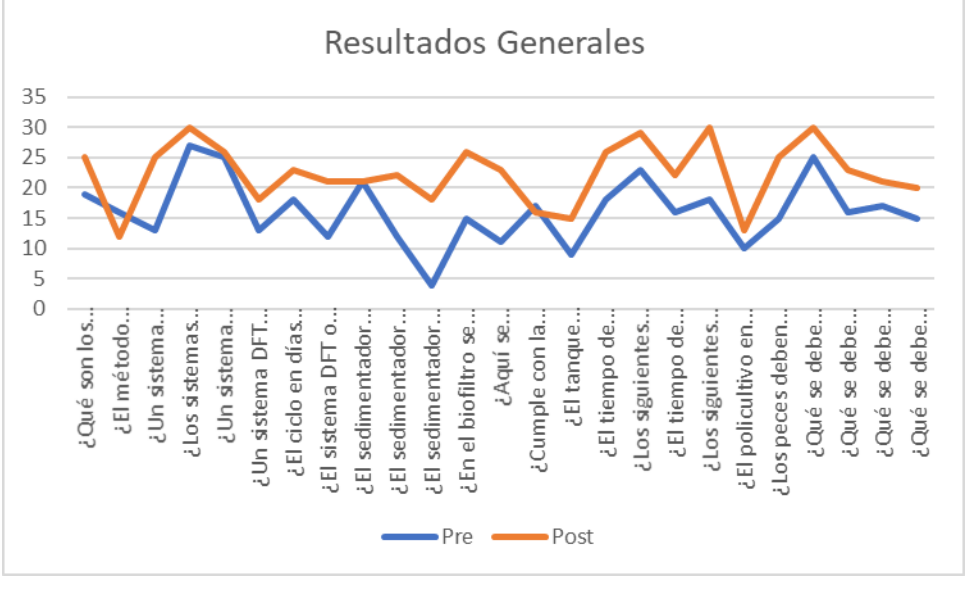

Fig. 62. Diagrama lineal resultados generales pre y post test

A partir de la información presentada en la Tabla XLVIII se puede concluir que en la preevaluación el 40,5% de las personas respondieron de forma correcta. Luego de realizar la exploración de la aplicación y leer el contenido de Construcción de un Sistema e Indicaciones de un Sistema para optar por aparecer en el ranking, el 56% de las personas contestaron de forma correcta en la post evaluación; lo anterior demuestra que el 15.5% adicional lograron aprender mediante el uso de la aplicación. Entendiendo que el tiempo de exploración de la aplicación fue de 30 minutos, el porcentaje es bastante relevante dado que la app se desarrolla para que los usuarios la exploren constantemente. En la encuesta posterior a la exploración de la aplicación en 2 preguntas el número de personas que contestaron de forma correcta disminuyó; en una pregunta el número de personas que contestaron de forma correcta fue igual y en 22 preguntas el número de personas que contestaron correctamente fue superior. La magnitud de los porcentajes se puede observar en la Fig. 63.

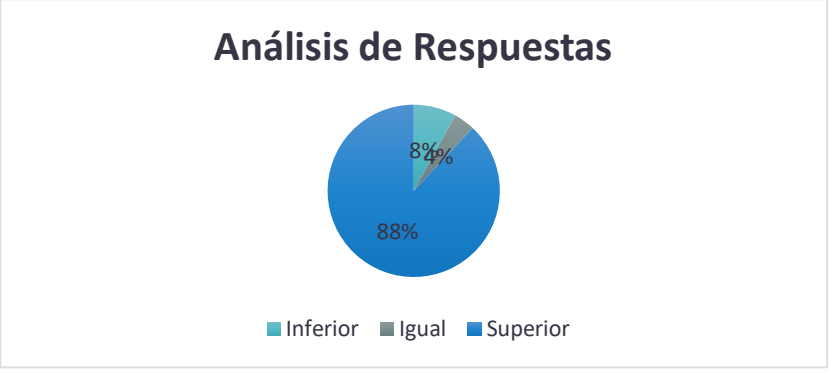

Fig. 63. Gráfico análisis respuestas pre - post

Lo que permite obtener un 88% de mejores respuestas en la evaluación posterior, 8% peores respuestas y 4% igual número de respuestas correctas de la preevaluación. En la encuesta posterior, se obtiene la siguiente cantidad de mejores respuestas, iguales o peores ver Fig.64.

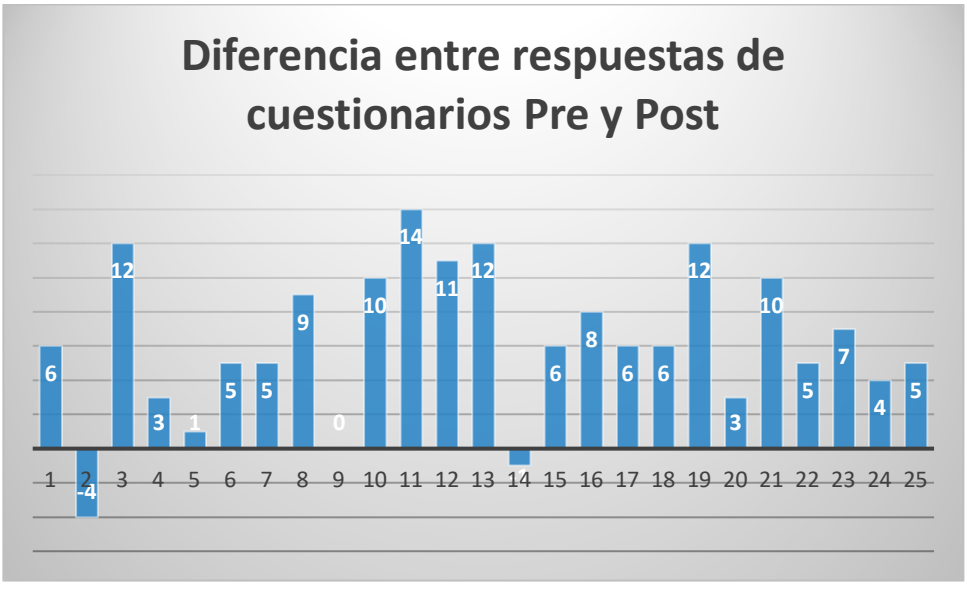

Fig. 64. Análisis cantidad de respuestas correctas individual

La gráfica de la Fig. 64 puede evidenciar un mayor conocimiento en temas como aprovechamiento de los recursos naturales, los sistemas: sedimentador, biofiltro y tanque, que hacen parte del primer momento o Construcción de un Sistema Acuapónico; la gráfica también evidencia un mayor conocimiento sobre el tipo de plantas manejadas en un sistema acuapónico y los cuidados del sistema diario, semanal, mensual y trimestral.

Estos porcentajes permiten concluir que el Recurso Educativo que contiene elementos de Gamificación propuesto si permite apropiar conocimiento sobre los conceptos de acuicultura presentados durante los dos momentos dentro de la aplicación.

VII. CONCLUSIONES

Culminado el proyecto se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- Las recomendaciones propuestas para implementar las pautas de usabilidad a través de la evaluación de 13 heurísticas permiten generar un aplicativo móvil que cumple en alto grado la inspección de usabilidad por parte de los usuarios finales, cumpliendo de esta manera con el nivel A de usabilidad propuesto.
- Las recomendaciones propuestas para implementar las pautas de accesibilidad permiten generar un aplicativo móvil que cumple en alto grado la inspección de accesibilidad por parte de los usuarios finales, cumpliendo de esta manera con el nivel A de accesibilidad propuesto.
- El resultado de la inspección de usabilidad permitió obtener el promedio general del nivel de satisfacción de los principios de usabilidad, este promedio fue del 94% considerado de alto cumplimiento, por lo que se concluye que la aplicación móvil cumple en alto grado con los principios de usabilidad, cumpliendo de esta manera el primer objetivo de este proyecto.
- El resultado de la inspección de accesibilidad permitió obtener el promedio general del nivel de satisfacción de los principios de accesibilidad, este promedio fue del 93.6% considerado de alto cumplimiento, por lo que se concluye que la aplicación móvil cumple en alto grado con los principios de accesibilidad, cumpliendo de esta manera con el primer objetivo de este proyecto.
- La prueba de conocimiento pre y post test permitió evidenciar que el recurso educativo con pautas de accesibilidad y usabilidad desarrollado a través de elementos de gamificación, si permite adquirir conocimientos sobre la construcción y mantenimiento de sistema acuapónicos unifamiliares, cumpliendo de esta manera el tercer objetivo de este proyecto.
- Desarrollar un recurso educativo con elementos de gamificación genera en los usuarios finales una motivación intrínseca que lo anima a jugar, a ser el primero, a competir, a conseguir los logros y a indagar sobre los contenidos que se van desbloqueando, esto conlleva a que el usuario tenga una experiencia inmersiva generando de esta manera una apropiación de conocimiento de la información expuesta.
- La arquitectura general propuesta con pautas de usabilidad y accesibilidad en el nivel A, para la comunicación de un recurso educativo con elementos de gamificación, satisface los requerimientos del cliente, logrando impactar de forma positiva a los usuarios finales a través de la apropiación de conocimiento y el acercamiento empresa – usuarios por medio de la aplicación implementada, cumpliendo de esta manera con el segundo objetivo de este proyecto.
- El proceso de desarrollo e implementación de la arquitectura de software propuesta a través de la mezcla SCRUM – XP, permitió gestionar el proyecto de forma ágil, con una estimación de tiempo aproximada a la ejecución en tiempo real, la codificación de tareas específicas y la entrega de un producto de calidad que cuenta con los requerimientos establecidos por el cliente.
- El uso de tecnologías de libre acceso permite crear aplicaciones móviles usables, accesibles, seguras que cumplen los requerimientos de calidad establecidos por la propuesta de este proyecto y los requerimientos del cliente.
- Aplicar principios SOLID en la programación orientada a objetos y patrones GRASP generales para la construcción de la arquitectura propuesta, ayuda a implementar las pautas de accesibilidad y usabilidad recomendadas en este proyecto, obteniendo como resultado final un aplicativo móvil de calidad.
- Luego de realizar el proceso de educción de requerimientos, diseñar, construir, implantar, probar el aplicativo móvil para un recurso educativo de cultivos acuapónicos unifamiliares, basado en las pautas de accesibilidad y usabilidad propuestas y haber obtenido el cumplimiento

por encima del 90% de satisfacción de los usuarios se logra concluir que se cumple con el objetivo general del proyecto.

A. Recomendaciones

- Se recomienda realizar la inspección de usabilidad con un APK de producción para evitar el bloqueo inicial de Google Play Store y no generar temor en el inicio de sesión de las aplicaciones en versión de prueba.

B. Trabajos Futuros

- Estudio experimental para la apropiación de conocimiento del recurso educativo basado en elementos de gamificación. La idea es tener 2 grupos de muestra, uno de control que no tenga acceso a la aplicación y uno que haga uso de esta para efectos de análisis comparativo de los datos obtenidos.
- Diseño e implementación del sistema web para la gestión de los recursos del contenido educativo de la aplicación.

Referencias:

[1] C. Acuap and N. Unifamiliares, “Cultivos Acuapónicos Unifamiliares : Guía para el manejo e instalación,” 2020.

[2] GREENFISH Popayán, “Green Fish - Granja Acuícola 2021,” 2021. https://greenfish.co/ (accessed Sep. 08, 2021).

[3] D. Chavarro, M. Vélez, G. Tovar, I. Montenegro, A. Hernández, and A. Olaya, “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia y el aporte de la ciencia, la tecnología y la innovación,” *Colciencias*, vol. 1, no. 3, pp. 183–188, 2017, doi: 10.13140/RG.2.2.31118.87368.

[4] S. Gaitán, M. Botero Aguirre, and M. Á. Landines, “Sinergia de los actores de la ciencia para desarrollar una acuicultura sostenible y competitiva: Asociación Académica Colombiana de Acuicultura-ACCUA,” *Intropica*, vol. 14, no. 2, pp. 91–94, 2019, doi: 10.21676/23897864.3292.

[5] PROCOLOMBIA, “Inversión en el sector de la acuicultura,” p. 6, 2013, [Online]. Available: http://inviertaencolombia.com.co/ACUICULTURA2016.pdf.

[6] Programa de las Naciones Unidadas para el Desarrollo, “Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS),” *ODS N° 3, Garantizar una vida sana y promover el Bienestar para todos en todas las edades*, p. 1, 2015, [Online]. Available: http://los17ods.org/los-17-objetivos-para-2030/salud/.

[7] R. Martínez Castro, “Evolución Y Tendencias De La Formación a Distancia Y Virtual,” *Invest. Rev. Investig. en Gestión Adm. y Ciencias la Inf.*, vol. 2, pp. 81–89, 2018, doi: 10.23850/25907662.1851.

[8] El tiempo, “El 67 % de los estudiantes en modalidad virtual no terminan sus estudios - Educación - Vida - ELTIEMPO.COM.” https://www.eltiempo.com/vida/educacion/el-67-de-los-estudiantes-en-modalidad-virtual-no-terminan-sus-estudios-511302 (accessed Nov. 13, 2020).

[9] J. E. Ceballos, J. A. E. Ceballos, J. Castro-Martinez, and H. Rodriguez-Granobles, “La educación virtual en Colombia: exposición de modelos de deserción,” *Apertura*, vol. 7, no. 1, pp. 94–107, Apr. 2015, Accessed: Nov. 13, 2020. [Online]. Available: http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/583.

[10] W3C Web Accesibility Initiate WAI, “Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1,” 2018. https://www.w3.org/TR/WCAG21/ (accessed Sep. 26, 2020).

[11] G. E. Chanchí, M. C. Gómez Álvarez, and W. Y. Campo, “Propuesta de una herramienta de inspección según los atributos de usabilidad de Nielsen,” *Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação*, no. E26, pp. 448–460, 2020.

[12] A. Guia De Gamificacion, “Universidad De Guayaquil Facultad De Filosofía, Letras Y Ciencias De La Educación Carrera Educacion Primaria-Modalidad Semipresencial Caratula Trabajo De Investigación Estrategias Metodologicas De La Gamificacion En El,” 2019, [Online]. Available: http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45399.

[13] FAO, “17 Objetivos de Desarrollo Sostenible,” *“Patrimonio” Econ. Cult. Y Educ. Para La Paz*, vol. 2, no. 14, pp. 100–117, 2018.

[14] D. N. de Planeación, “Colombia en la escena global Política exterior responsable, innovadora y constructiva,” 2019. https://www.dnp.gov.co/DNPN/Plan-Nacional-de-

Desarrollo/Paginas/Pilares-del-PND/Legalidad/Colombia-en-la-escena-global.aspx (accessed Nov. 10, 2020).

[15] G. del Cauca, “Plan de Desarrollo del Cauca 2020 - 2023 42 motivos para avanzar,” 2020, [Online]. Available: http://www.ghbook.ir/index.php?name=مجموعه مقالات دومین هم اندیشی سراسری رسانه تلویزیون و سکولاریسم&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13629&page=108&chkhashk=03C706812F&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component.

[16] O. de las N. U. para la A. Alimentación, “Acuicultura | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,” 2020. http://www.fao.org/aquaculture/es/ (accessed Nov. 10, 2020).

[17] T. e I. del D. del C. Sistema General de Regalías, Fondo de Ciencia, “Proyecto Fortalecimiento de las capacidades de las EBT-TIC del Cauca para competir en un mercado global Cluster CREATIC.” 2019.

[18] S. Yu, M. A. Avgoustos, and T. Editors, *Perspectives on Rethinking and Reforming Education Mobile and Ubiquitous Learning An International Handbook*. 2018.

[19] author. International Conference on Interactive Collaborative Learning (21st : 2018), “The Challenges of the Digital Transformation in Education Proceedings of the 21st International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2018) - Volume 1,” vol. 2, no. January, pp. 685–696, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-11932-4.

[20] R. Parente da Costa and E. Dias Canedo, “A set of Usability Heuristics for Mobile Applications,” *Springer Nat. Switz. AG 2019*, 2019.

[21] M. Gemou, J. B. Montalva Colomer, M. F. Cabrera-Umpierrez, S. de los Rios, M. T. Arredondo, and E. Bekiaris, “Validation of Toolkits for developing third-generation Android accessible mobile applications,” *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 15, no. 1, pp. 101–127, 2016, doi: 10.1007/s10209-014-0377-9.

[22] M. Smirnov, *Lecture Notes in Computer Science: Preface*, vol. 3457. 2015.

[23] S. Goel, R. Nagpal, and D. Mehrotra, “Mobile applications usability parameters: taking an insight view,” *Lect. Notes Networks Syst.*, vol. 9, pp. 35–43, 2018, doi: 10.1007/978-981-10-3932-4_4.

[24] B. A. Kumar and P. Mohite, “Usability of mobile learning applications: a systematic literature review,” *J. Comput. Educ.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–17, 2018, doi: 10.1007/s40692-017-0093-6.

[25] J. Zbick, “A web-based reference architecture for mobile learning: Its quality aspects and evaluation,” *Proc. - 2017 IEEE Int. Conf. Softw. Archit. Work. ICSAW 2017 Side Track Proc.*, pp. 230–235, 2017, doi: 10.1109/ICSAW.2017.8.

[26] J. U. Tak, R. Y. Lee, and H. K. Kim, “Design of mobile software architecture,” *Stud. Comput. Intell.*, vol. 413, pp. 133–146, 2012, doi: 10.1007/978-3-642-28670-4-12.

[27] F. Marques *et al.*, “AquaSafe - application of mobile devices in promoting occupational safety and health in Aquaculture,” *Pesq. Agrop. Gaúcha*, no. November, pp. 1–72, 2018.

[28] Flick Mania Games, “Calculadora Acuícola - Apps en Google Play,” *Google Play*, 2019. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.FlickManiaGames.CalculadoraAcuicolaCamaronVannameiAmonio&hl=es_NI (accessed Oct. 18, 2020).

[29] A. Torregosa, “Curso sobre acuicultura,” 2018. https://aprendergratis.es/ciencias-

sociales/curso-sobre-alimentos-en-acuicultura/ (accessed Aug. 13, 2020).

[30] T. N. Chennai, “Aquaculture Study App - Apps en Google Play,” 2019. https://play.google.com/store/apps/details?id=info.therithal.brainkart.aquaculturestudyapp&hl=es_CO (accessed Aug. 14, 2020).

[31] Apnurapp, “La agricultura completa Pescado - Apps en Google Play,” 2020. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.apnurapp.budidayaikanlengkap&hl=es_CO (accessed Aug. 14, 2020).

[32] ICAR-CIBA, “CIBA Shrimpapp - Apps en Google Play,” 2020. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vanami.shrimpapp&hl=es_CO (accessed Aug. 14, 2020).

[33] G. Fish, “Green Fish Acuicultura,” 2019. http://greenfish.co/pages/acuaponia.html (accessed Aug. 14, 2020).

[34] O. Revilla Muñoz and O. Carreras Montoto, *Accesibilidad Web*, vol. 1, no. 2. 2018.

[35] W. Web Accessibility Initiative, “Introducción a las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) | Web Accessibility Initiative (WAI) | W3C,” 2019. https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/es (accessed Jul. 16, 2021).

[36] J. L. González-Sánchez, F. Montero-Simarro, and F. L. Gutiérrez-Vela, “Evolución del concepto de usabilidad como indicador de calidad del software,” *Prof. la Inf.*, vol. 21, no. 5, pp. 529–536, 2012, doi: 10.3145/epi.2012.sep.13.

[37] O. Revilla Muñoz and O. Carreras Montoto, “Accesibilidad Web WCAG 2.1 de forma sencilla,” *TecnoLógicas*, vol. 22, pp. 19–31, 2018, doi: 10.22430/22565337.1511.

[38] T. C. Ling, T. Alam, A. A. A. Hussin, and T. C. Ling, “Investigation of the role of individual’s gender in the design of graphical user interface for mobile learning device,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1529, no. 3, pp. 0–7, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1529/3/032021.

[39] S. A. Abdullah, M. S. Saud, and Y. Kamin, “M-learning for technical and vocational education training (TVET),” *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 7236–7239, 2019, doi: 10.35940/ijrte.C6291.098319.

[40] A. Rienzo and C. Cubillos, “Research of Gamification Techniques and their Application in Digital Games for Older Adults,” *IEEE Chil. Conf. Electr. Electron. Eng. Inf. Commun. Technol. CHILECON 2019*, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1109/CHILECON47746.2019.8988019.

[41] I. de M. sarmento Rego, “Mobile Language Learning: How Gamification Improves the Experience,” *Handb. Mob. Teach. Learn.*, pp. 1–1020, 2015, doi: 10.1007/978-3-642-54146-9.

[42] Fundación Saldarriaga Concha, “Norma Técnica Colombiana 5854.” http://ntc5854.accesibilidadweb.org/index.php (accessed Nov. 15, 2021).

[43] W. Web Accessibility Initiative, “How to Meet WCAG (Quickref Reference),” 2019. https://www.w3.org/WAI/WCAG21/quickref/?showtechniques=pageinfo (accessed Jul. 16, 2021).

[44] B. de Almeida Pacheco, M. Guimarães, A. G. Correa, and V. Farinazzo Martins, “Usability evaluation of learning objects with augmented reality for smartphones: A reinterpretation of nielsen heuristics,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 847, pp. 214–228, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-05270-6_16.

[45] J. C. Salazar *et al.*, “Scrum versus XP: similitudes y diferencias,” *Tecnol. Investig. y Acad.*, vol. 6, no. 2, pp. 29–37, 2018.

[46] D. P. Kristiadi, F. Sudarto, D. Sugiarto, R. Sambera, H. L. H. S. Warnars, and K. Hashimoto, “Game Development with Scrum methodology,” *2019 Int. Congr. Appl. Inf. Technol. AIT 2019*, 2019, doi: 10.1109/AIT49014.2019.9144963.

[47] M. Carrasco, W. Ocampo, L. Ulloa, and J. Azcona, “Metodología Híbrida De Desarrollo De Software Combinando Xp Y Scrum,” *Mikarimin. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–28, 2019, [Online]. Available: http://45.238.216.13/ojs/index.php/mikarimin/article/view/1233/814.

[48] S. Barahona Rojas, L. Pucha Guzmán, P. Villamarín Coronel, and A. Yunga Benítez, “Scrum with eXtreme Programming: An Agile Alternative in Software Developement,” in *Innovation and Research A driving Force for Socio - Econo.Technological Development*, vol. 1277, 2021, pp. 350–361.

[49] M. Sosnowski, B. Michał, and N. Yen Ying, “Business-Oriented Approach to Requirements Elicitation in a Scrum Project,” in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 408, 2021, pp. 185–191.

[50] Stat Counter, “Mobile Operating System Market Share Colombia | Statcounter Global Stats,” *View Operating System Version Market Share*, 2021. https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/colombia/#monthly-201901-202108 (accessed Sep. 30, 2021).

[51] Google, “Qué es Android | Android,” *La plataforma que está cambiando lo que pueden hacer los móviles.*, 2021. https://www.android.com/intl/es_es/what-is-android/ (accessed Sep. 30, 2021).

[52] Google, “Desarrolladores de Android | Android Developers,” *Android studio*, 2021. https://developer.android.com/ (accessed Sep. 30, 2021).

[53] Google, “Firebase Authentication | Simple, free multi-platform sign-in,” *FIrebase*, 2021. https://firebase.google.com/products/auth?hl=es-419 (accessed Sep. 30, 2021).

[54] Sql. Consortium, “SQLite Home Page,” 2021. https://www.sqlite.org/index.html (accessed Nov. 16, 2021).

[55] H. Chaflk, *Desing patterns approached from the functional paradigm within the programming languaje Java*. 2020.

[56] D. P. Voorhees, “Characteristics of Good Software.” Springer Nature Switzerland, 2020.

[57] I. S. Q. B. Testing, *Probador Certificado del ISTQB*. 2018.

[58] N. Jackob, “Why You Only Need to Test with 5 Users,” *Nielsen Norman Group*, 2000. https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/ (accessed Nov. 16, 2021).

[59] M. Raposo Rivas and A. Salgado Rodríguez, “Estudio sobre la intervención con Software educativo en un caso de TDAH.,” *Rev. Educ. Inclusiva*, vol. 8, no. 2, pp. 121–138, 2015.

Red Iberoamericana de Educación y pedagogía.
Enero de 2022

Investigadores
Yuli Sidney Garcés Bolaños, Gabriel Elías Chanchí Golondrino y Wilmar Yesid Campo Muñoz,
Universidad de Cartagena

CARTA DE ACEPTACIÓN

El Comité de calidad de REDIPE tiene el gusto de informarle que ha aceptado el documento de investigación:

"Recurso educativo basado en gamificación para la apropiación del proceso de construcción y mantenimiento de los sistemas de producción acuapónica de la empresa GREENFISH S.A"

Para publicación en el número marzo de 2022 de nuestra Revista indexada Boletín Redipe. ISSN: 2256-1536: https://revista.redipe.org/index.php/1

De la Revista y de la Colección hacen parte productos reflexivos e investigativos que, como en el suyo, el Comité ha determinado su peso académico investigativo, tras examen de pares iberoamericanos.

JULIO CÉSAR ARBOLEDA
Director REDIPE
direccion@redipe.org, comite@rediberoamericanadepedagogia.com
www.redipe.org

MINISTERIO DEL INTERIOR

DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL
OFICINA DE REGISTRO

CERTIFICADO DE GREENFISH APP

Libro - Tomo - Partida
13-88-388
Fecha Registro
02-feb.-2022

1. DATOS DE LAS PERSONAS

AUTOR

Nombres y Apellidos YULI SIDNEY GARCES BOLAÑOS — **No de identificación CC** 34326796

Nacional de COLOMBIA

Dirección CALLE 48N 9-125, 403B — **Ciudad:** POPAYAN

AUTOR

Nombres y Apellidos DANIEL MUÑOZ ANDRADE — **No de identificación CC** 1061721372

Nacional de COLOMBIA

Dirección CRA 7 # 18 AN 45 — **Ciudad:** POPAYAN

PRODUCTOR

Nombres y Apellidos YULI SIDNEY GARCES BOLAÑOS — **No de identificación CC** 34326796

Nacional de COLOMBIA

Dirección CALLE 48N 9-125, 403B — **Ciudad:** POPAYAN

PRODUCTOR

Razón Social ACUÍCOLA GREEN FISH SAS — **Nit** 90123101081

Dirección -- — **Ciudad:** BOGOTA D.C.

2. DATOS DE LA OBRA

Título Original GREENFISH APP

Año de Creación 2021 **País de Origen** COLOMBIA **Año Edición**

CLASE DE OBRA	INEDITA
CARACTER DE LA OBRA	OBRA ORIGINARIA
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR

3. DESCRICIPCIÓN DE LA OBRA

APLICACIÓN DESARROLLADA PARA LA EMPRESA
GREEN FISH S.A.S, ENFOCADA EN LA PRESENTACIÓN DE UN RECURSO EDUCATIVO QUE CONTIENE ELEMENTOS DE GAMIFICACIÓN PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS TEMÁTICAS: CONSTRUCCIÓN DE CULTIVOS ACUAPÓNICOS E INDICACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE CULTIVOS ACUAPÓNICOS, IMPLEMENTADA A TRAVÉS DE SW LIBRE.

4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA

5. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombres y Apellidos **YULI SIDNEY GARCES BOLAÑOS**
Nacional de **COLOMBIA**
Dirección **CALLE 48N 9-125, 403B**
Correo electrónico **YULAGARCES@GMAIL.COM**
En representación de **EN REPRESENTACION DE PERSONA JURIDICA**

No de Identificación **34326796**
Medio Radicación **REGISTRO EN LINEA**
Ciudad **POPAYAN**
Teléfono **3003280663**
Radicación de entrada **1-2022-4849**

MINISTERIO DEL INTERIOR

DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

OFICINA DE REGISTRO

CERTIFICADO DE GREENFISH APP

Libro - Tomo - Partida

13-88-388

Fecha Registro

02-feb.-2022

JULIAN DAVID RIATIGA IBÁÑEZ

JEFE OFICINA DE REGISTRO (E)

MZP

Nota: El derecho de autor protege exclusivamente la forma mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras . No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias y artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial (artículo 7o. de la Decisión 351 de 1993).