

**Diseño e implementación de Farm App: aplicación de Autogestión administrativo para  
el control de la Inversión en proyectos agropecuarios**

Francisco José Montealegre Torres

Asesor

Director: Msc Daniel Andrés Guzmán Arévalo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD

Escuela De Ciencias Básicas, Tecnologías E Ingenierías – ECBTI

Maestría En Gerencia de Proyectos

2025

## **Agradecimientos**

A mis padres: Bertilda<sup>+</sup> y Julio Emiro<sup>+</sup>, toda mi admiración y agradecimiento para ellos,

A mis Hijos: Juan Sebastián y Valeria que son mi inspiración,

A Dios quien es mi guía y mi brújula.

## Resumen

Este documento expone los resultados del desarrollo de un proyecto de investigación aplicada en el sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), enfocado en el diseño de una solución digital para apoyar la autogestión y el manejo administrativo de inversiones en proyectos agrícolas. La iniciativa fue desarrollada con productores agrícolas ubicados, inicialmente, en la meseta de Ibagué.

A partir de la aplicación de encuestas y el análisis participativo, se identificó una necesidad crítica: contar con una herramienta que facilitara la planificación, ejecución y seguimiento remoto de actividades agrícolas, promoviendo la eficiencia en el uso de recursos y mejorando la capacidad de respuesta ante desafíos del cultivo.

Como solución, se diseñó e implementó un sistema de información compuesto por una plataforma web y una aplicación móvil, accesible para los usuarios en cualquier momento y lugar. Esta herramienta permite programar labores por cultivo, finca y/o lote, registrar actividades, consultar información climática y acceder a recomendaciones técnicas.

Los resultados evidencian que la incorporación de herramientas digitales en el contexto agrícola no solo mejora la organización de las tareas productivas, sino que también contribuye a fortalecer la autonomía del productor y su participación activa en procesos de innovación rural.

La experiencia confirma el potencial transformador de las TIC's en el sector agropecuario y resalta la importancia de seguir desarrollando soluciones tecnológicas adaptadas al contexto y necesidades del campo colombiano.

**Palabras Claves:** Administración, Agricultura, Aplicación Móvil, Autogestión, Aplicación Web.

## Abstract

This document presents the results of an applied research project in the field of Information and Communication Technologies (ICT), focused on the design of a digital solution to support self-management and administrative handling of investments in agricultural projects. The initiative was developed in collaboration with agricultural producers initially located in the Ibagué plateau.

Through the application of surveys and participatory analysis, a critical need was identified: the implementation of a tool that facilitates the planning, execution, and remote monitoring of agricultural activities, enhancing resource efficiency and improving response capabilities to crop-related challenges.

As a solution, an information system was designed and implemented, consisting of a web platform and a mobile application, both accessible to users anytime and anywhere. This tool enables scheduling tasks by crop, farm, and/or plot, recording activities, consulting weather data, and accessing technical recommendations. The findings demonstrate that incorporating digital tools in the agricultural context not only improves the organization of productive tasks, but also strengthens the autonomy of producers and their active participation in rural innovation processes.

This experience confirms the transformative potential of ICT in the agricultural sector and highlights the importance of continuing to develop technological solutions tailored to the specific context and needs of rural Colombia.

**Keywords** Management, Agriculture, Mobile Application, Self-Management, Web Application.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	14
Formulación Del Problema Técnico .....	17
Antecedentes .....	17
Contexto donde se presenta el conflicto .....	18
Conflicto (no conformidad) que da lugar al desarrollo del proyecto.....	19
Descripción del Problema .....	19
Problema Central .....	20
Stakeholders del Proyecto.....	22
Modalidades de Solución al Problema.....	23
Aplicaciones en el mercado .....	23
Comparativo de Aplicaciones de Gestión Agrícola .....	26
Justificación .....	27
Objetivos del proyecto .....	29
Objetivo General.....	29
Objetivos Específicos.....	29
Marco teórico .....	30
Generalidades.....	30
Desarrollo Técnico.....	31
Agricultura 4.0 .....	31
Agricultura 5.0 .....	32
Base de datos.....	32
Herramientas Usadas en el Desarrollo Web.....	33
Lenguajes y Tecnologías de Desarrollo .....	33

CSS3 (Cascading Style Sheets) .....	33
HTML (HyperText Markup Language) .....	34
PHP (Hypertext Preprocessor) .....	34
JavaScript .....	34
Bootstrap .....	34
Composer .....	35
Base de Datos .....	35
MySQL .....	35
Infraestructura y despliegue .....	35
Seguridad informática .....	36
Aplicación móvil .....	37
Metodología Agile - Scrum .....	38
Product Owner (Dueño del Producto) .....	39
Scrum Master .....	39
Scrum Team .....	40
Ventajas de las Metodologías Agiles .....	40
Metodologías Ágiles populares .....	40
Etapas de la Metodología Ágil en el Desarrollo de Software .....	41
Etapa 1 – ideación .....	41
Etapa 2 – desarrollo .....	41
Etapa 3 - fase de prueba .....	42
Etapa 4 – despliegue .....	42
Etapa 5 – operaciones .....	42
Principios fundamentales de la metodología Agile .....	43
Beneficios de usar la Metodología Agile .....	44

Relación entre la Tecnología y la Agricultura.....	44
Sistema de Información .....	45
Sistema de Información Web .....	45
TRL – Niveles de Madurez Tecnológica .....	45
Marco legal .....	47
Protección de Datos Personales .....	47
Propiedad Intelectual .....	47
Comercio Electrónico .....	47
Accesibilidad Digital .....	47
TICs y Servicios Públicos Esenciales .....	48
Desarrollo del proyecto aplicado .....	49
Planteamiento del problema.....	49
Definición del problema central – Árbol de problemas.....	49
Matriz de Marco Lógico .....	51
Población afectada y población objetivo del proyecto. ....	52
Población Afectada .....	52
Población Objetivo.....	53
Metodología .....	54
Metodología de desarrollo .....	54
Enfoque metodológico .....	54
Investigación aplicada.....	55
Enfoque de Desarrollo de Sistemas .....	56
Metodología elegida.....	57
SCRUM del proyecto.....	57
Recursos necesarios .....	60

Juicio de Expertos .....	61
Objetivo del juicio.....	62
Perfil y criterios de selección de expertos.....	62
Composición del panel sugerido .....	62
Metodología propuesta: técnica Delphi .....	63
Entregables esperados .....	63
Protocolo ético y logístico .....	63
Cronograma operativo del juicio de expertos .....	63
Modelo de cuestionario Delphi.....	64
Matriz de Decisión.....	64
Resultados .....	67
Cronograma de actividades.....	67
Etapa 1 – Fase 1: Estudio del ambiente y recolección de información por medio de entrevistas y encuestas. ....	67
Etapa 1 – Fase 2: Modelado de la Información: captura, transcripción y ordenamiento de la información. ....	68
Etapa 1 – Fase 3: Análisis de requerimientos .....	73
Hallazgos principales .....	73
Requerimientos analizados .....	74
Requerimientos funcionales.....	74
Requerimientos no funcionales.....	74
Etapa 1 – Fase 4: Diseño y desarrollo del prototipo aplicativo móvil y aplicativo web.....	75
Etapa 2 – Fase 5: Desarrollo Página WEB .....	76
Matriz De Stakeholders o Interesados .....	77
Registro de Interesados del Proyecto o Stakeholders. ....	78

Descripción general del sitio web de Farm App ( <a href="https://farmp.co/">https://farmp.co/</a> ).....	82
Etapas 2 – Fase 6: Desarrollo FARM APP .....	86
Evaluación del Proyecto. ....	86
Matriz DOFA .....	86
Análisis PESTEL .....	87
Político .....	87
Económico .....	88
Social.....	88
Tecnológico.....	88
Ecológico .....	89
Legal .....	89
Juicio de Expertos .....	89
Elección de expertos .....	89
Escala de evaluación de pertinencia de Farm App.....	91
El modelo de cuestionario Delphi.....	93
Nivel de alineación con la necesidad del usuario .....	93
Nivel de contextualización socioterritorial .....	93
Nivel de accesibilidad y usabilidad.....	94
Nivel de impacto y sostenibilidad.....	95
Nivel de Innovación y Diferenciación .....	96
Niveles de Madurez Tecnológica – TRL .....	97
Definición .....	97
Escala. ....	98
Evolución de la madurez tecnológica del proyecto Farm App .....	100
Manual de usuario Farm App.....	101

Conclusiones ..... 103

Referencias Bibliográficas ..... 106

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Metodología Agile</i> .....	43
<b>Figura 2.</b> <i>Árbol de Problemas</i> .....	50
<b>Figura 3.</b> <i>Arbol de objetivos</i> .....	51
<b>Figura 4</b> <i>Equipo SCRUM De Farm App</i> .....	57
<b>Figura 5</b> <i>Pregunta #1</i> .....	69
<b>Figura 6</b> <i>Pregunta #2</i> .....	69
<b>Figura 7</b> <i>Pregunta 3.</i> .....	70
<b>Figura 8</b> <i>Pregunta #4</i> .....	70
<b>Figura 9</b> <i>Pregunta # 6</i> .....	71
<b>Figura 10</b> <i>Pregunta #7</i> .....	71
<b>Figura 11</b> <i>Pregunta #8</i> .....	72
<b>Figura 12</b> <i>Pregunta #9</i> .....	72
<b>Figura 13</b> <i>Front Página WEB Farm App</i> .....	85
<b>Figura 14</b> <i>Desarrollo Farm App</i> .....	86
<b>Figura 15</b> <i>Nivel De Alineación con la Necesidad del Usuario</i> .....	93
<b>Figura 16</b> <i>Nivel De Contextualización Socioterritorial</i> .....	94
<b>Figura 17</b> <i>Nivel de Accesibilidad y Usabilidad</i> .....	95
<b>Figura 18</b> <i>Nivel de Impacto y Sostenibilidad</i> .....	96
<b>Figura 19</b> <i>Nivel de Innovación y Diferenciación</i> .....	97
<b>Figura 20</b> <i>Niveles de Madurez Tecnológica</i> .....	100

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Comparativo de Aplicaciones de Gestión Agrícola</i> .....	26
<b>Tabla 2</b> <i>Matriz de Marco Lógico</i> .....	51
<b>Tabla 3</b> <i>Fases de desarrollo de Farm App</i> .....	58
<b>Tabla 4</b> <i>Recursos Necesarios para Cosntruir Farm App</i> .....	60
<b>Tabla 5</b> <i>Cronograma Operativo del Juicio de Expertos</i> .....	63
<b>Tabla 6</b> <i>Matriz de Decisión</i> .....	65
<b>Tabla 7</b> <i>Cronograma de Actividades</i> .....	67
<b>Tabla 8</b> <i>Matriz De Stakeholders o Interesados</i> .....	78
<b>Tabla 9</b> <i>Registro de Interesados del Proyecto o Stakeholders</i> .....	78
<b>Tabla 10</b> <i>Análisis de los Stekeholders</i> .....	80
<b>Tabla 11</b> <i>Matriz DOFA</i> .....	86
<b>Tabla 12</b> <i>Elección de Expertos</i> .....	90
<b>Tabla 13</b> <i>Escala de Evaluación de Pertinencia de Farm App</i> .....	92

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>El Modelo de Cuestionario Delphi</i> .....	111
<b>Apéndice B</b> <i>Manual de Usuario Farm App</i> .....	112

## Introducción

En el contexto actual del siglo XXI, marcado por la transformación digital, resulta imprescindible gestionar los negocios agroproductivos mediante herramientas tecnológicas. Con el propósito de mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, surge la necesidad de implementar soluciones digitales que faciliten la administración integral de las actividades agrícolas. En este sentido, un software de gestión especializado permite coordinar y ejecutar múltiples tareas a través de una plataforma centralizada. Este enfoque tecnológico se alinea con principios de sostenibilidad, ya que promueve el uso responsable de los recursos naturales y una gestión ambiental adecuada, contribuyendo así a la protección del ecosistema.

El presente trabajo de grado se propone alcanzar dos objetivos fundamentales, ambos con igual nivel de relevancia para la formación académica y el impacto social. El primero consiste en aplicar de manera rigurosa y contextualizada los conocimientos adquiridos a lo largo del programa de Maestría en Gerencia de Proyectos, orientando dichos saberes hacia un reto real del sector agropecuario colombiano. El segundo objetivo, alineado con la visión de transformación digital del campo, es el diseño e implementación de una herramienta tecnológica denominada FARM APP, una página web, aplicación móvil y web concebida como un sistema de autogestión administrativa para el manejo de inversiones en proyectos agrícolas y/o agropecuarios.

El desarrollo de esta iniciativa parte del reconocimiento del papel cada vez más estratégico que ocupan las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los procesos productivos, logísticos, organizacionales y comerciales.

Las TIC permiten no solo automatizar tareas, sino también acceder a información en tiempo real, mejorar la trazabilidad de los procesos y fortalecer la capacidad de toma de decisiones basada en datos. Tal como lo señalan Sopegno (2016) y el informe de Gartner (2014), las soluciones móviles y las aplicaciones inteligentes fueron destacadas entre las

principales tendencias tecnológicas de impacto global. No obstante, la adopción de estas tecnologías en el sector agrícola sigue siendo lenta y desigual, a pesar de su enorme potencial para optimizar procesos clave como la gestión de recursos, el monitoreo de cultivos y la proyección financiera (Sørensen & Bochtis, 2010; Xin et al., 2015).

En este contexto, FARM APP surge como una solución tecnológica pertinente y adaptada al entorno rural colombiano. Se trata de una aplicación multiplataforma que opera tanto desde navegadores como desde dispositivos móviles, permitiendo al usuario acceder a un panel de control inteligente en cualquier momento y lugar. La aplicación permite gestionar labores por cultivo, finca y lote; registrar insumos y costos asociados; consultar información meteorológica actualizada; recibir recomendaciones técnicas personalizadas; y acceder a reportes económicos útiles para la planeación y evaluación de su actividad agrícola.

El proceso de desarrollo de la aplicación se basó en el enfoque metodológico de Despliegue de Funciones de Calidad (QFD), el cual facilita la vinculación directa entre las expectativas del usuario y las características técnicas del producto. Este enfoque asegura que el diseño y la funcionalidad de la aplicación respondan con precisión a las necesidades operativas de los agricultores, promoviendo así su apropiación, sostenibilidad y utilidad práctica.

Más allá de ser una simple herramienta digital, FARM APP se proyecta como una plataforma integral que fomenta la modernización del agro desde una perspectiva de inclusión tecnológica, sostenibilidad económica y empoderamiento del productor. Su implementación permite mejorar la eficiencia operativa, reducir el margen de error en la ejecución de labores agrícolas, optimizar el uso de recursos materiales y financieros, y fortalecer el vínculo entre productores, cooperativas, distribuidores y agentes técnicos vinculados al sector agropecuario.

En general, este trabajo evidencia que la transformación digital del agro no solo es posible, sino necesaria. FARM APP representa una propuesta innovadora que combina el conocimiento técnico, la gestión estratégica de proyectos y la ingeniería de software para aportar soluciones reales a los desafíos estructurales del campo colombiano. Al promover el uso de TIC's de manera accesible y contextualizada, la aplicación contribuye al fortalecimiento de capacidades locales, la soberanía tecnológica y la competitividad del sector rural.

## **Formulación Del Problema Técnico**

### **Antecedentes**

En Colombia, muchos inversionistas individuales y colectivos enfrentan dificultades para organizar y administrar sus recursos, especialmente cuando se trata de inversiones en el sector agropecuario. Esta falta de control y visibilidad complica la toma de decisiones y retrasa el acceso a información clave (González, 2019). En respuesta a esta necesidad, surge la iniciativa de desarrollar FARM APP, una aplicación web y móvil diseñada para brindar a agricultores e inversionistas una herramienta tecnológica, ágil y funcional, centrada en el control, seguimiento y gestión eficiente de las inversiones en proyectos productivos.

Esta idea nace como proyecto aplicado tecnológico y trabajo de grado de la Maestría en Gerencia de Proyectos de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías - ECBTI de la UNAD. Su objetivo es mejorar la calidad de la información, el seguimiento y el control de los recursos invertidos en proyectos. FARM APP se concibe como una plataforma multiplataforma, accesible desde dispositivos móviles y navegadores web, que permite ingresar, visualizar y actualizar datos de manera remota, en tiempo real y desde cualquier ubicación.

El sistema está diseñado para ser intuitivo, dinámico y adaptable a las necesidades de los usuarios. Permite llevar registros detallados de costos, programar actividades, consultar datos climáticos, generar reportes y mantener un historial estructurado de la operación. Este enfoque busca reducir la dependencia de herramientas tradicionales como papel y lápiz, que a menudo no garantizan seguridad, trazabilidad ni eficiencia en el manejo de la información (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

En la actualidad, los agricultores de esta región siembran cerca a las 343.000 hectáreas anuales, con inversiones que superan los 1500 US millones, las cuales, en muchos casos, son administradas de forma manual o localmente desde oficinas, esto puede ocasionar

demoras de hasta una semana para acceder a información vital para la toma de decisiones (Ramírez & Rodríguez, 2022).

Los productores entrevistados, tanto profesionales como empíricos, expresaron un claro interés por contar con una herramienta que centralice los datos y permita un seguimiento inmediato de sus inversiones.

FARM APP no solo representa una solución a esta problemática, sino que se proyecta como una plataforma que apoya el proceso de modernización del agro colombiano, permitiendo a los usuarios tomar decisiones fundamentadas y oportunas, con tecnología de fácil acceso y orientada a mejorar la competitividad del sector (Sopegno, 2016).

### **Contexto Donde se Presenta el Conflicto**

Se determinó que la población objetivo son los inversionistas (agricultores, ganaderos, ect) que ejercen su actividad agropecuaria.

En las etapas iniciales, el proyecto se desarrolló teniendo como base de información, la zona agroecológica de la meseta de Ibagué está ubicada en el abanico de Ibagué, caracteriza por:

- 102 agricultores: 30% grandes (más de 100 Has) – 60% medianos (40-99 Has) – 12% pequeños (menos de 40 Has)

- El 90% de los agricultores son propietarios de tierras.

- Son agricultores con amplias extensiones de tierra cultivada, con promedios entre 600 y 900 hectáreas sembradas y cultivadas al año.

- El área sembrada y cultivada en la zona de influencia, en las fases iniciales del proyecto es de 13.000 hectáreas/año

- Llevando estas áreas a inversión, estamos hablando alrededor de 75.000 (US 17,5) millones de inversión por año, información guardada en las oficinas administrativas de cada

uno de ellos y cuyo acceso, teniendo en cuenta la toma inmediata de decisiones, puede tomar hasta una semana en obtenerse.

- Llevando este contexto, a nivel departamental y diversificando cultivos y actividades agropecuarias, objetivo principal de FARM APP, encontramos que el valor de la inversión por año, en proyectos agropecuarios supera los 1500 millones de dólares año, como ya lo he mencionado, seguimiento a la inversión que se maneja de manera ambigua a lápiz y papel.

### **Conflicto (no Conformidad) que da Lugar al Desarrollo del Proyecto**

Teniendo en cuenta que una de las zona agrícolas con gran influencia para el diseño de FARM APP es el Departamento del Tolima, se caracteriza por las actividades agrícolas de cultivos diversos, con un área aproximada anual de 355000 hectáreas (AGRONET, 2025), llevando estas áreas a inversión estamos hablando de alrededor de los US1500 millones de dólares de inversión por año, información guardada en las oficinas y carecientes de una herramienta automatizada que permita llevar el control de la inversión en los diferentes procesos, lo que da a lugar a que no se tenga la información en el momento que se necesita e impida tomar decisiones inmediata, en tiempo real, condición deseada para el aseguramiento de la inversión.

### **Descripción del Problema**

En la actualidad, la gestión de inversiones en proyectos agrícolas sigue siendo predominantemente manual, mediante registros en papel, lo cual es lento y propenso a errores (Basir et al., 2024). El uso de computadoras personales ha permitido digitalizar estos registros, mejorando la organización y sistematización de la información. Sin embargo, muchos productores aún no emplean copias de seguridad ni estructuras centralizadas, exponiéndose a pérdidas de datos críticos. Además, las plataformas desarrolladas a menudo no recopilan información en tiempo real, lo que limita la capacidad de respuesta ante eventos imprevistos (Folio3, 2024).

El acceso inmediato a datos operativos se ha vuelto una necesidad urgente para los agro-inversionistas. Las herramientas digitales avanzadas permiten gestionar información climática, costos y rendimientos en tiempo real, mejorando sustancialmente la calidad de las decisiones (Frontiers in Environmental Science, 2024). No obstante, estas aplicaciones aún presentan deficiencias: requieren actualización constante, carecen de interoperabilidad y no siempre ofrecen interfaces intuitivas (Basir et al., 2024).

El auge de teléfonos inteligentes y tablets ha demostrado que las interfaces móviles son clave para una adopción masiva y efectiva. Dispositivos móviles con capacidades de cómputo local y conexión web posibilitan soluciones prácticas que permiten controlar, gestionar y hacer seguimiento de recursos e inversiones en campo, incluso en zonas rurales con conectividad limitada

Los inversionistas entrevistados —tanto aquellos con formación académica sólida como quienes poseen una amplia trayectoria empírica en el sector agropecuario— manifestaron un alto grado de interés en contar con una herramienta digital que facilite el seguimiento, control y trazabilidad de sus inversiones agrícolas. La principal ventaja identificada por los usuarios potenciales radica en la capacidad de la aplicación para ofrecer datos organizados, históricos y en tiempo real, que sirvan como base objetiva y oportuna para la toma de decisiones estratégicas. Esta necesidad de contar con información confiable y accesible cobra especial relevancia en contextos productivos de alta incertidumbre, donde los márgenes de rentabilidad están estrechamente ligados a una gestión eficiente de recursos y riesgos.

### ***Problema Central***

El sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) abarca la creación de bienes y servicios destinados al procesamiento, transmisión, almacenamiento y

visualización de información a través de medios electrónicos, constituyéndose en un pilar fundamental para la transformación digital (Ruiz, 2011).

La incorporación de sistemas de información con acceso remoto en el entorno agrícola impacta significativamente la administración de inversiones en proyectos agroproductivos. Estudios de precisión agrícola muestran que la capacidad de monitorear variables agronómicas en tiempo real reduce riesgos operacionales hasta en un 20 % y mejora la eficiencia en la toma de decisiones (Zhang et al., 2022). Además, el agro-inversor adquiere un rol activo: desde la aplicación web puede visualizar reportes de costos, desempeño del cultivo y alertas meteorológicas; mediante el dispositivo móvil, puede verificar estados, programar acciones (riego, fertilización, cosecha) y registrar actividades, todo sin necesidad de estar físicamente en el campo ni depender de intermediarios que le retrasen la recepción de la información (Ma et al., 2021). Esta autonomía amplía el control y la responsabilidad del agricultor, quien deja de ser un observador para convertirse en “gestor” completo de su proceso productivo.

Actualmente, uno de los mayores vacíos en el sector agrícola colombiano es la ausencia de un sistema automatizado robusto para el seguimiento, control y reducción del riesgo en inversiones agrícolas. Muchas fincas todavía operan bajo registros manuales (papel y lápiz) o en hojas de cálculo aisladas, sin integración ni respaldo seguro, lo cual genera ineficiencias en inventarios, uso de maquinaria, control de insumos o gestión de personal (Basir et al., 2024).

Frente a esta realidad, se han desarrollado diversas soluciones tecnológicas: desde aplicaciones específicas para cada fase del cultivo hasta sistemas integrales de gestión agropecuario. Sin embargo, estas carecen de un enfoque unificado, demandan actualizaciones manuales frecuentes y presentan interfaces poco intuitivas para usuarios rurales, limitando su adopción (Palit et al., 2024).

Desde una perspectiva técnica, el sistema implementado utiliza una arquitectura cliente-servidor con base de datos centralizada en la nube, respaldada en plataformas como AWS o Google Cloud. Esto permite almacenamiento seguro, escalable y accesible, con copias de seguridad automáticas y cifrado de datos sensibles (Hasselbring, 2018).

Los módulos de la plataforma incluyen: registro de actividades por cultivo/especie, control de inventario de insumos y maquinaria, gestión de horas y roles de trabajadores, registro de inversiones por lote, panel de indicadores (KPI's) personalizados, conectividad con estaciones meteorológicas y envío de alertas automatizadas. Esta estructura optimiza el flujo de información y disminuye los tiempos de respuesta operativa, mejorando la eficiencia general de la explotación agrícola.

En conclusión, la aplicación desarrollada no solo consolida la información digital, sino que transforma el rol del agro-inversor hacia un perfil estratégico y tech-savvy (conocedor de la tecnología). Reduce considerablemente el riesgo de inversión, automatiza flujos operativos, ofrece acceso a datos relevantes en tiempo real y propone una visión integrada de la explotación desde la gestión económica hasta el diagnóstico fitosanitario.

En general, este proyecto representa un aporte tangible a la modernización del agro, evidenciando cómo las TIC, bien aplicadas, pueden impulsar la competitividad y sostenibilidad del sector rural colombiano.

### **Stakeholders del Proyecto**

En el contexto del proyecto Farm App, los *stakeholders* o partes interesadas se definen como *“todos aquellos actores - individuales y/o colectivos - que tienen un interés legítimo en el desarrollo, implementación, uso o resultados de la aplicación”*. Esto incluyó tanto a quienes se ven directamente beneficiados o afectados, como a quienes influyen en las decisiones clave del proyecto. Entre ellos se destacaron los agro-inversionistas rurales,

cooperativas, desarrolladores tecnológicos, instituciones gubernamentales, entes de financiamiento, universidades y aliados estratégicos en innovación digital rural.

De manera técnica, los stakeholders se clasificaron en internos y externos, primarios y secundarios, según su nivel de influencia, interés y participación en el ciclo de vida del proyecto (PMI, 2021). En Farm App, los agro-inversores son stakeholders primarios, ya que utilizan la plataforma para gestionar cultivos, inversiones e información en tiempo real. Las entidades gubernamentales, como el Ministerio de Agricultura, son stakeholders externos con capacidad de regulación, apoyo financiero o promoción institucional.

La adecuada identificación y gestión de los stakeholders es un proceso crítico para el éxito del proyecto, ya que permite alinear los intereses de todos los involucrados, reducir conflictos, fomentar la participación y garantizar que la solución tecnológica responda a necesidades reales del sector (Freeman, 1984; Bourne, 2015). En efecto, involucrar activamente a los usuarios finales desde etapas tempranas del diseño de Farm App no solo mejoró su pertinencia y usabilidad, sino que también aumentó las probabilidades de adopción sostenida y escalabilidad a nivel territorial.

## **Modalidades de Solución al Problema**

### ***Aplicaciones en el Mercado***

En el mercado existen algunas aplicaciones similares que están disponibles a los interesados, a continuación, presento las características detalladas de app's para gestión agrícola. Este análisis comparativo resume las fortalezas y enfoque diferencial de cada app.

### **Agrivi**

- Gestión completa de cultivos (planificación, monitoreo, trazabilidad).
- Mapas GIS y análisis con imágenes aéreas en tiempo real.
- Administración de finanzas, inventario y mano de obra integrada.
- Alertas tempranas de plagas y clima basadas en analítica predictiva.

- Copias seguras, accesible sin conexión (offline).

### **FarmLogs (Bushel Farm)**

- Seguimiento de lluvias, condiciones de campo y mapeo por parcela.
- Registro histórico de cultivos para análisis de rendimiento
- Control de inventarios y gestión de recursos económicos.
- Integración con marketing de cultivos (Bushel) para decisiones de venta.

### **AgriWebb**

- Manejo ganadero completo: salud, reproducción y movimientos de animales.
- Mapeo interactivo del terreno con cálculos automáticos (stocking, periodos de pastoreo).
- Gestión de registros, inventarios y cumplimiento normativo.
- Funciones offline garantizadas.

### **CropIn**

- Georreferenciación de predios, digitalización de registros y monitoreo en tiempo real.
- Inteligencia artificial para rastreo de salud de cultivos, clima y alertas.
- Paneles personalizados con reportes y análisis BI.
- Enfoque en trazabilidad total para exportación.

### **Farmbrite**

- Administración de granjas pequeñas y medianas: cultivos, ganado, contabilidad, inventario y empleados.
- Tableros dinámicos, programación de tareas y recordatorios automáticos.
- Gestión financiera con informes de flujo de caja, contabilidad y reportes preestablecidos.
- Integraciones API y colaboración de equipo.

### **Local Line**

- Plataforma de comercio electrónico para venta directa: tienda online, facturación, gestión de pedidos.
- Manejo de inventario, CRM, niveles de precios personalizados, gestión de tiendas CSA.
- Informes analíticos para ventas, abandono de carrito, comportamiento del cliente.
- Integración con Square y soporte premium.

### **Plantix**

- Diagnóstico fitosanitario vía IA mediante fotos, cubre 45 cultivos y 500 alteraciones.
- Recomendaciones de manejo, conexión a proveedores locales, comunidad de expertos.
- Interfaz de docente virtual y orientación AI-based en campo.
- Gratuita y disponible globalmente.

### **AgroTIC (SACFA)**

- SACFA (Sistema de Apoyo a la Comercialización y Fitosanitario Asistido): módulo de diagnóstico con sensores y redes neuronales.
- Comunicación directa entre agricultores, agrónomos y comerciantes via app y chat.
- Funcionalidad de plaza de mercado virtual para conectar con compradores.

### **SACFA**

El Sistema Administrativo Computarizado de Fincas Arroceras (SACFA), es un software, diseñado por la división de investigaciones económicas, que permite al agricultor:

- Administrar objetivamente la finca, en cuanto a necesidades de personal, insumos, maquinaria y capital.

- Controlar el manejo de las compras y los inventarios.
- Planear eficazmente la producción agrícola a nivel de lotes, usando el sistema para atender los cultivos alternativos y como un elemento de presupuestación.
- Controlar los Costos de Producción de los diferentes cultivos.
- Tomar decisiones acertadas y a tiempo sobre el cultivo.
- Determinar los lotes óptimos para la producción, basado en la información histórica de Rendimientos y Costos.
- Determinar los márgenes de rentabilidad dentro de la actividad arrocera.

### *Comparativo de Aplicaciones de Gestión Agrícola*

**Tabla 1**

#### *Comparativo de Aplicaciones de Gestión Agrícola*

Aplicación	Función Principal	Accesibilidad	IA Integrada	Manejo de Inventarios	Gestión Financiera	Diagnóstico Fitosanitario	Usuarios Objetivo
Agrivi	Gestión integral de cultivos	Web/Móvil	Parcial	Sí	Sí	No	Agricultores de gran escala
FarmLogs	Monitoreo de campo y análisis histórico	Web/Móvil	No	Sí	Sí	No	Productores medianos
AgriWebb	Manejo ganadero y trazabilidad	Web/Móvil	No	Sí	No	No	Ganaderos
CropIn	IA y trazabilidad agrícola	Web/Móvil	Sí	Sí	Sí	Sí	Gobiernos ONGs
Farmbrite	Gestión operativa para PYMES	Web/Móvil	No	Sí	Sí	No	Productores PYMES
Local Line	Comercialización directa de productos	Web	No	Sí	Sí	No	Productores CSA
Plantix	Diagnóstico fitosanitario por IA	Móvil	Sí	No	No	Sí	Pequeños productores
AgroTIC	Conectividad agrícola local y trazabilidad	Web/Móvil	Sí	Sí	No	Sí	Productores rurales colombianos

*Nota.* Elaborada por el autor.

## Justificación

La propuesta de crear la aplicación web y móvil FARM APP surge como respuesta a una necesidad concreta identificada entre actores del sector agropecuario.

En este sentido, la iniciativa no solo responde a un vacío existente, sino que se proyecta como una solución integral al poner a disposición de los productores una herramienta digital accesible, versátil y práctica que les permita gestionar de manera eficiente sus inversiones productivas. Esta aplicación busca facilitar el control, monitoreo y seguimiento en tiempo real de las actividades agropecuarias garantizando que la información relevante esté disponible al instante y al alcance de cada usuario, desde cualquier dispositivo móvil o computadora.

A la par de esta necesidad técnica, se suma un contexto social que amplifica la pertinencia de la propuesta. Actualmente, las zonas rurales enfrentan un acelerado proceso de envejecimiento poblacional, intensificado por la migración juvenil hacia entornos urbanos en busca de oportunidades educativas y laborales. Esta dinámica ha generado un vacío generacional que afecta la transmisión de conocimientos agrícolas y la sostenibilidad cultural del campo (Pimbert, 2018). Sin embargo, la adopción de herramientas tecnológicas, como las aplicaciones móviles para la gestión en agro-inversiones, representa una vía prometedora para revertir esta tendencia. Estas soluciones digitales, al facilitar el acceso a información, modernizar procesos productivos y promover la innovación, pueden hacer del agro un espacio más atractivo para las nuevas generaciones (FAO, 2021; World Bank, 2019). La agricultura digital no solo mejora la productividad, sino que también reconecta a los jóvenes con el territorio desde una visión más tecnológica, sostenible y emprendedora.

La iniciativa se desarrolla en el marco del trabajo de grado del programa de Maestría en Gerencia de Proyectos de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingenierías – ECBTI, y se constituye en primera medida como un proyecto aplicado de base tecnológica y

en segunda medida como una idea de emprendimiento, cuyo enfoque se orienta en fortalecer la calidad de la información disponible sobre los procesos de inversión en proyectos agropecuarios. A través de FARM APP, se plantea una solución digital multiplataforma que centraliza la información de la inversión, facilita la programación de actividades, ofrece indicadores clave para la toma de decisiones y permite a cada usuario alimentar y consultar su propio sistema.

El diseño de la aplicación contempla principios de usabilidad, simplicidad y dinamismo, para asegurar que pueda ser utilizada por una población diversa sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados. Además, busca resolver una problemática recurrente: la dificultad de acceder oportunamente a información actualizada sobre las inversiones, lo que a menudo limita la capacidad de respuesta de los actores del sector. FARM APP pretende llenar ese vacío mediante una plataforma moderna, estandarizada y adaptada al entorno agrícola colombiano.

Desde el punto de vista metodológico, el desarrollo del proyecto adopta un enfoque híbrido que integra el uso del marco de trabajo ágil SCRUM con los lineamientos del estándar internacional PMBOK del Project Management Institute (PMI). La elección de SCRUM obedece a su flexibilidad y eficacia para gestionar proyectos de tecnología en ciclos iterativos y de rápida adaptación a los cambios. Esta combinación metodológica permite estructurar el proyecto en fases bien definidas, reducir los riesgos de desviaciones técnicas y facilitar el trabajo colaborativo entre desarrolladores, usuarios y gestores del proyecto.

En definitiva, FARM APP representa una apuesta innovadora y pertinente que conjuga las ventajas de la transformación digital con las necesidades reales del sector agropecuario, fortaleciendo la capacidad de autogestión, planificación y seguimiento de quienes impulsan el desarrollo rural en y desde el territorio.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar una herramienta digital multiplataforma (aplicación web y móvil) que facilite a los inversionistas en proyectos agropecuarios la gestión, seguimiento y toma de decisiones sobre sus inversiones, mediante la integración de funcionalidades orientadas al control de actividades productivas, visualización de indicadores clave y acceso a información en tiempo real, con el fin de mejorar la eficiencia administrativa y la sostenibilidad de los emprendimientos rurales.

### **Objetivos Específicos**

Caracterizar las necesidades de información, control y gestión de los inversionistas agropecuarios en proyectos productivos rurales.

Analizar las funcionalidades de referencia en aplicaciones existentes para el sector agropecuario que sirvan como insumo para el diseño propuesto.

Diseñar el modelo funcional y la arquitectura tecnológica de la herramienta digital, con criterios de usabilidad, escalabilidad y eficiencia.

Desarrollar un prototipo funcional de la aplicación web y móvil, utilizando metodologías ágiles y buenas prácticas de gerencia de proyectos.

Validar el prototipo mediante pruebas piloto con usuarios reales y juicio de expertos, evaluando pertinencia, facilidad de uso y aporte a la toma de decisiones.

Diseñar los manuales de usuario y técnicos que permitan informar los usuarios acerca de las funcionalidades del aplicativo y a la solución de posibles interrupciones en su correcto funcionamiento.

## Marco Teórico

### Generalidades

La tecnología es entendida como “*el conjunto de conocimientos y herramientas que el ser humano ha desarrollado para facilitar su vida, optimizar procesos y mejorar su bienestar*”. Esta evolución, inicialmente artesanal, ha progresado hacia complejos sistemas digitales que hoy transforman desde la agricultura hasta la gestión empresarial (UNESCO, 2022). En ese sentido, la tecnología aplicada con fines sociales y productivos no solo responde a necesidades inmediatas, sino que configura una visión sostenible de desarrollo.

En Colombia, la innovación y el emprendimiento han cobrado una importancia estratégica, especialmente ante los retos de la economía digital. Según la OCDE (2021), el país ha implementado políticas para fortalecer sus capacidades en innovación, con énfasis en sectores como el agroindustrial. No obstante, muchas organizaciones aún mantienen estructuras tradicionales, lo que dificulta la apropiación efectiva de tecnologías emergentes.

En este contexto, las aplicaciones web y móviles se consolidan como herramientas clave para abordar desafíos estructurales del sector agropecuario, como la trazabilidad, el seguimiento a inversiones y la toma de decisiones basadas en datos. De acuerdo con FAO (2021), las soluciones digitales permiten a los agro-inversores optimizar recursos y responder con agilidad a cambios ambientales o económicos.

El desarrollo de una aplicación como Farm App permite no solo gestionar actividades agropecuarias, sino también vincular módulos de análisis financiero, visualización de datos y seguimiento remoto de las inversiones. Este enfoque no sería posible sin una arquitectura de software sólida, donde conceptos como la modularidad, escalabilidad y mantenimiento son fundamentales (Pressman & Maxim, 2020).

Para proyectos de esta naturaleza, el uso de metodologías ágiles como Scrum resulta idóneo por su capacidad de adaptación y enfoque incremental. Scrum facilita la entrega

continua de valor y la participación de los usuarios durante todo el desarrollo (Schwaber & Sutherland, 2020).

### **Desarrollo Técnico**

En cuanto al desarrollo técnico, se recurre a tecnologías estables y ampliamente adoptadas: HTML5 para la estructura de la interfaz, CSS para el diseño visual adaptable, PHP como lenguaje de programación del lado del servidor, y MySQL como sistema de gestión de bases de datos relacional. Estas tecnologías permiten construir aplicaciones funcionales, seguras y multiplataforma (Duckett, 2014; DuBois, 2020).

La interoperabilidad de sistemas se logra mediante el uso de JSON (JavaScript Object Notation), un formato liviano y legible para el intercambio de datos. Es clave en aplicaciones modernas que requieren eficiencia en entornos móviles (Flanagan, 2020). Asimismo, bibliotecas como jQuery simplifican la programación en JavaScript, permitiendo animaciones, eventos y compatibilidad con múltiples navegadores. En escenarios móviles, jQuery Mobile y frameworks como Apache Cordova permiten crear aplicaciones híbridas que combinan las ventajas de apps web y nativas (Welling & Thomson, 2017).

### **Agricultura 4.0**

La Agricultura 4.0 se refiere a la adopción de tecnologías emergentes —como sensores, sistemas de posicionamiento global (GPS), drones, big data e Internet de las cosas (IoT) - aplicadas al sector agropecuario. Esta etapa busca automatizar y optimizar los procesos agrícolas mediante el análisis de datos en tiempo real, la agricultura de precisión y la toma de decisiones basada en evidencia digital (FAO, 2021). Esta transformación forma parte de la cuarta revolución industrial, donde el uso intensivo de la información y los sistemas interconectados permiten aumentar la eficiencia, reducir los insumos y mejorar la sostenibilidad. *“Agricultura 4.0 significa producir más con menos, integrando nuevas*

*tecnologías para hacer frente a los desafíos del cambio climático y la seguridad alimentaria”* (FAO, 2021).

### **Agricultura 5.0**

La Agricultura 5.0, por su parte, es una evolución que integra los avances tecnológicos de la 4.0 pero centrada en el ser humano y el desarrollo sostenible. Este enfoque incorpora la inteligencia artificial avanzada, la robótica colaborativa y la ética digital, promoviendo una agricultura más resiliente, justa e inclusiva (Jiménez et al., 2022). A diferencia de la 4.0, la 5.0 no solo busca eficiencia productiva, sino también bienestar rural, equidad tecnológica y regeneración ambiental.

“La Agricultura 5.0 representa una visión sistémica y humanista del agro, donde la tecnología se subordina a los principios del desarrollo sostenible y la soberanía alimentaria” (Jiménez et al., 2022)

### **Base de Datos**

Una base de datos es un sistema estructurado para almacenar, gestionar y recuperar información de manera eficiente, que permite organizar grandes volúmenes de datos relacionados entre sí con el fin de facilitar su acceso y manipulación. Según Silberschatz, Korth y Sudarshan (2020), una base de datos es “una colección de datos interrelacionados que representan información sobre una parte específica del mundo real”. Ramakrishnan y Gehrke (2014) la definen como un conjunto de datos persistentes y organizados que permiten operaciones complejas de consulta, inserción, actualización y eliminación.

Coronel y Morris (2018) destacan que una base de datos debe ser gestionada por un sistema especializado llamado Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD), que actúa como intermediario entre el usuario y la información, garantizando integridad, seguridad y concurrencia. Rob y Coronel (2009) complementan esta definición indicando que las bases de datos no solo almacenan información, sino que también permiten su modelado lógico

mediante estructuras como tablas, relaciones y restricciones. Por su parte, Date (2019) subraya que una base de datos debe cumplir principios formales para mantener su coherencia, como las reglas de normalización y los lenguajes de consulta, especialmente el SQL.

En conjunto, estos autores coinciden en que las bases de datos constituyen la infraestructura fundamental para los sistemas de información modernos, y son esenciales en entornos empresariales, científicos y sociales por su capacidad de centralizar, proteger y explotar el conocimiento contenido en los datos.

### **Herramientas Usadas en el Desarrollo Web**

Arquitectura del Software Farm App (herramienta digital multiplataforma - aplicación web y móvil) fue diseñada con una arquitectura cliente-servidor basada en servicios web RESTful, bajo el enfoque multiplataforma, permitiendo la interacción desde navegadores web y dispositivos móviles. Según Sommerville (2011), la arquitectura de software se entiende como *“la organización fundamental de un sistema informático, que comprende sus componentes, las relaciones entre ellos y las propiedades que los caracterizan”*; en este sentido, constituye la base sobre la cual se construyen la escalabilidad, la eficiencia y la mantenibilidad de cualquier aplicación. Asimismo, la norma ISO/IEC/IEEE 42010:2011 define la arquitectura de software como *“la descripción de los sistemas en términos de sus estructuras fundamentales, sus elementos de diseño, sus relaciones y los principios que los gobiernan, lo que garantiza coherencia y calidad en el ciclo de vida del desarrollo”*. Esta estructura facilita la escalabilidad, modularidad y el mantenimiento de la aplicación.

### **Lenguajes y Tecnologías de Desarrollo**

#### ***CSS3 (Cascading Style Sheets)***

CSS es un lenguaje utilizado para describir la presentación de documentos escritos en HTML. Controla el diseño visual, como los colores, fuentes, márgenes y disposición de los

elementos, separando así el contenido de la presentación. Usado para el diseño responsivo y adaptativo, compatible con dispositivos móviles. (Keith, 2010, p. 41).

### ***HTML (HyperText Markup Language)***

HTML es el lenguaje de marcado estándar para la creación de páginas web. Define la estructura básica del contenido a través de etiquetas jerárquicas, que permiten organizar textos, imágenes, enlaces y formularios. Es la base sobre la cual se construyen sitios web en conjunto con CSS y JavaScript. (Duckett, 2014, p. 27).

### ***PHP (Hypertext Preprocessor)***

PHP es un lenguaje de programación de código abierto del lado del servidor, diseñado especialmente para el desarrollo web dinámico. Permite procesar formularios, interactuar con bases de datos y generar contenido personalizado. (Welling & Thomson, 2017, p. 62).

### ***JavaScript***

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado del lado del cliente que permite agregar interactividad a las páginas web. Se ejecuta en el navegador y es clave en el desarrollo de aplicaciones web dinámicas, validaciones, interacciones en tiempo real. (Flanagan, 2020, p. 5).

### ***Bootstrap***

Bootstrap es un framework de código abierto para el diseño de interfaces web responsivas. Proporciona una colección de estilos CSS predefinidos y componentes JavaScript que facilitan la construcción de sitios modernos compatibles con múltiples dispositivos. (Scherer, 2016, p. 23).

## ***Composer***

Composer es una herramienta para la gestión de dependencias en proyectos PHP. Permite declarar las bibliotecas de terceros requeridas y las instala automáticamente, facilitando el modularidad y el mantenimiento del código. (Yost, 2015, p. 88).

## **Base de Datos**

### ***MySQL***

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto, ampliamente utilizado en aplicaciones web. Permite almacenar, consultar y manipular datos mediante el lenguaje SQL (Structured Query Language). (DuBois, 2020, p. 6).

Fue el motor elegido gracias a sus características: modelo relacional, compatibilidad con múltiples lenguajes, facilidad para consultas complejas con SQL, seguridad y rendimiento óptimos.

Se integró mediante PDO y ORM para facilitar la escalabilidad y prevenir ataques como SQL Injection.

## **Infraestructura y Despliegue**

La infraestructura tecnológica de Farm App se fundamenta en los principios de la computación en la nube, entendida como un modelo de provisión de recursos informáticos bajo demanda a través de internet, que garantiza escalabilidad, flexibilidad y reducción de costos de infraestructura (Mell & Grance, 2011). En este marco, se emplea hospedaje cloud con proveedores como Hostinger o AWS Lightsail, que ofrecen entornos optimizados para aplicaciones web con soporte nativo para PHP y MySQL, lenguajes y sistemas de gestión de bases de datos ampliamente reconocidos en el desarrollo multiplataforma.

Además, se dispone de un dominio propio (<https://farmp.co/>) que refuerza la identidad digital de la aplicación y facilita su posicionamiento en motores de búsqueda. La seguridad se garantiza mediante la instalación de un certificado SSL/TLS, que habilita la navegación bajo

el protocolo HTTPS, protegiendo la integridad y confidencialidad de la información transmitida entre el servidor y los usuarios.

Como parte de las buenas prácticas de gestión de infraestructura, se han configurado copias de seguridad automáticas, así como el monitoreo de rendimiento del sistema para anticipar fallas y optimizar recursos. Finalmente, se proyecta la implementación de escalabilidad horizontal, entendida como la capacidad de ampliar el número de instancias de servidor en paralelo para responder a incrementos en la demanda, asegurando la continuidad y estabilidad del servicio en procesos de crecimiento.

### **Seguridad Informática**

La seguridad informática en Farm App se fundamenta en el conjunto de prácticas, técnicas y protocolos orientados a proteger la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información (ISO/IEC 27001, 2013). En este sentido, el diseño incorpora medidas de protección tanto a nivel de datos como de infraestructura:

Cifrado de contraseñas con algoritmos bcrypt y hashing en servidor: bcrypt es un algoritmo de hashing adaptativo diseñado para resistir ataques de fuerza bruta, ya que incrementa el costo computacional de cada intento de descifrado. Con ello, las contraseñas no se almacenan en texto plano, reforzando la protección de credenciales de los usuarios.

Control de sesiones y tokens JWT para autenticación: los JSON Web Tokens (JWT) permiten establecer sesiones seguras entre cliente y servidor. Su estructura firmada digitalmente asegura que la identidad del usuario sea verificable, evitando suplantaciones.

Validación de formularios en frontend y backend: aplicar la validación tanto en el cliente como en el servidor garantiza que los datos enviados sean consistentes, reduciendo riesgos de inyección de código malicioso o errores en la lógica de negocio.

Reglas de CORS y configuración de cabeceras HTTP para prevenir XSS y CSRF: el uso de políticas de Cross-Origin Resource Sharing (CORS), junto con cabeceras de seguridad

(ej. Content-Security-Policy), mitigan ataques de Cross-Site Scripting (XSS) y Cross-Site Request Forgery (CSRF), que buscan alterar el comportamiento de la aplicación o ejecutar acciones no autorizadas en nombre del usuario.

De esta manera, Farm App integra estándares reconocidos de ciberseguridad que no solo protegen la información sensible, sino que también fortalecen la confianza de los usuarios en el uso de la plataforma digital.

### **Aplicación Móvil**

El desarrollo de la aplicación móvil de Farm App se apoya en el uso de frameworks multiplataforma como React Native o Ionic, los cuales permiten construir aplicaciones híbridas que funcionan tanto en Android como en iOS, optimizando recursos y reduciendo costos de desarrollo. Estos frameworks, además, están capacitados para la implementación de PWA (Progressive Web Apps), entendidas como aplicaciones web que ofrecen experiencias similares a las aplicaciones nativas, integrando ventajas como la instalación en el dispositivo, el funcionamiento offline y la carga rápida (Google Developers, 2020).

La compatibilidad con Android y iOS asegura un mayor alcance en el público objetivo, ampliando la cobertura entre los pequeños y medianos productores rurales, quienes acceden a la plataforma desde diversos dispositivos.

Asimismo, la aplicación incorpora el acceso a funcionalidades nativas del dispositivo, como notificaciones push, cámara y geolocalización. Esto permite, por ejemplo, enviar alertas sobre tareas productivas, registrar imágenes de cultivos o plagas, y ubicar geográficamente las parcelas, fortaleciendo el control y la trazabilidad de la información agropecuaria.

Finalmente, la sincronización de datos en tiempo real con la plataforma web se realiza mediante servicios API RESTful, lo cual garantiza la coherencia y disponibilidad inmediata de la información entre distintos dispositivos y usuarios. Desde un enfoque teórico, las APIs

RESTful constituyen un estilo de arquitectura de software basado en el protocolo HTTP, que promueve la escalabilidad, interoperabilidad y simplicidad en la comunicación entre sistemas (Fielding, 2000).

### **Metodología Agile - Scrum**

La metodología Scrum es un marco de trabajo ágil (*framework*) utilizado para gestionar proyectos complejos, especialmente en el desarrollo de software y productos digitales, aunque su aplicación se ha expandido a otras áreas como la ingeniería, la educación y la gestión empresarial. Scrum se basa en procesos iterativos e incrementales, donde el trabajo se divide en ciclos cortos llamados sprints, generalmente de 1 a 4 semanas, que permiten entregar productos funcionales en menor tiempo y con alta adaptabilidad al cambio.

Según Schwaber y Sutherland (2020), creadores de la guía oficial de Scrum, esta metodología se apoya en tres pilares fundamentales: transparencia, inspección y adaptación. Así mismo complementan “Scrum es un marco de desarrollo ágil de proyectos que enfatiza la colaboración, la entrega continua de valor y la adaptación a los cambios”.

En la sociedad actual, las empresas deben adaptarse con rapidez y eficacia a los cambios. Los enfoques tradicionales de gestión de proyectos a menudo se quedan cortos a la hora de satisfacer estas demandas. Por suerte, la metodología ágil ha cambiado este problema, ya que ofrece un enfoque dinámico y colaborativo de la ejecución de proyectos. En este artículo vamos a explorar el mundo de Agile, sus principios, su aplicación y sus ventajas. ¿Qué es la metodología ágil? La metodología ágil es un enfoque de desarrollo de software que prioriza la adaptabilidad, la colaboración y la entrega incremental. Se basa en la interacción continua con los stakeholders, la respuesta a cambios y la entrega de productos funcionales en ciclos cortos. Scrum y Kanban son ejemplos de marcos ágiles.

En metodología Scrum, existen tres roles principales: el Product Owner (Dueño del Producto), el Scrum Master y el Equipo Scrum (que incluye a los desarrolladores). Estos

roles trabajan juntos para entregar valor incremental al cliente a través de iteraciones llamadas sprints.

Según Schwaber y Sutherland (2017), Scrum es un "marco de desarrollo ágil de proyectos que enfatiza la colaboración, la entrega continua de valor y la adaptación a los cambios. Se basa en ciclos de trabajo iterativos llamados *Sprints* y se centra en equipos autoorganizados y multifuncionales".

### ***Product Owner (Dueño del Producto)***

Es responsable de maximizar el valor del producto y del trabajo del Equipo Scrum. Su función principal es definir y gestionar el Product Backlog, que es una lista priorizada de las funcionalidades del producto. El Product Owner actúa como la voz del cliente y se asegura de que el equipo trabaje en los elementos más importantes para el negocio.

### ***Scrum Master***

El *Scrum Master* es "un rol esencial en Scrum, encargado de facilitar y guiar el proceso Scrum. Su objetivo principal es asegurar que el equipo Scrum comprenda y aplique correctamente los principios y prácticas de Scrum, eliminando obstáculos y promoviendo un entorno de trabajo colaborativo y eficiente" (Schwaber y Sutherland, 2017), protege al equipo de distracciones externas y promueve la autogestión y la colaboración. No es un jefe de proyecto, sino un líder servidor que guía al equipo hacia la mejora continua.

De acuerdo con Larman y Vodde (2009), el *Scrum Master* es "el líder de servicio al equipo Scrum, encargado de eliminar obstáculos, facilitar la comunicación y proteger al equipo de distracciones externas. Su objetivo es permitir que el equipo se enfoque en la entrega de incrementos de producto de alta calidad".

### ***Scrum Team***

El *Scrum Team* es "El *Scrum Team* es un conjunto de profesionales multifuncionales autoorganizados que colaboran para entregar un producto al final de cada *Sprint* en Scrum, con miembros de desarrollo, calidad y otros roles clave" (Schwaber y Sutherland, 2017).

Según Beck *et al.* (2001), el *Scrum Team* es "una unidad autoorganizada compuesta por individuos que trabajan juntos para cumplir con las necesidades de los clientes y entregar valor de manera efectiva. Este equipo abarca habilidades diversas y colabora de manera estrecha para lograr los objetivos del proyecto".

### ***Ventajas de las Metodologías Ágiles***

**Flexibilidad y Adaptabilidad.** Estas metodologías tienen la capacidad de adaptarse a cualquier cambio que se presente durante el proyecto, siendo un método sumamente flexible.

**Mayor Colaboración.** Las metodologías ágiles permiten la continua colaboración y comunicación entre procesos y equipos, haciendo que el proyecto final sea de mejor calidad.

**Mayor Rapidez de Comercialización.** Se liberan las funciones de software de manera regular.

**Mejora de la Calidad.** Con este método las mejoras son continuas, rápidas y eficientes, haciendo un círculo virtuoso donde siempre se pueden encontrar áreas de mejora, permitiendo al proyecto final ser la mejor versión.

**Mayor Satisfacción al Cliente.** La atención detallada a las necesidades del cliente promueve la satisfacción de este.

### ***Metodologías Ágiles Populares***

**Scrum.** Scrum es uno de los marcos de trabajo más populares dentro de la Metodología Ágil. Se centra en equipos autoorganizados que trabajan en iteraciones cortas llamadas «sprints.» Scrum utiliza roles como el Scrum Master y el Product Owner para gestionar el proceso.

**Kanban.** Kanban se basa en la visualización del trabajo en curso y la gestión del flujo. Los equipos utilizan tableros Kanban para visualizar las tareas y prioridades, lo que facilita la optimización del flujo de trabajo.

**Lean.** Lean se enfoca en eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia. Se basa en los principios del sistema de producción de Toyota y se centra en la entrega continua de valor al cliente.

**Extreme Programming (XP).** XP es un enfoque que se centra en la calidad del software y la mejora constante. Se enfoca en prácticas como la programación en parejas, pruebas automatizadas y entregas frecuentes.

## **Etapas de la Metodología Ágil en el Desarrollo de Software**

### ***Etapas 1 – ideación***

Todos los proyectos ágiles de desarrollo de software que tienen éxito comienzan con una fase de ideación. El propietario del producto ágil trabaja en conjunto con el equipo empresarial, los desarrolladores y los futuros usuarios de la aplicación. A partir de ahí se construye una visión del proyecto:

- Definir el propósito y el objetivo del nuevo software.
- Determinar y documentar los requisitos empresariales y de los usuarios.
- Priorizar tareas y asignar recursos.

### ***Etapas 2 – Desarrollo***

Después de la ideación, los equipos pueden empezar a construir la primera iteración del software. La fase de desarrollo incluye todas las tareas de producción relacionadas en el SDLC, como el diseño UX/UI, la arquitectura y la codificación. El desarrollo de la primera replantación del proceso de un producto de software tiende a ser la fase más larga del ciclo de vida de desarrollo de aplicaciones Ágil.

### ***Etapa 3 - Fase de Prueba***

Una vez que el desarrollo está completado y el equipo está satisfecho con la primera iteración de la aplicación, la aplicación debe pasar un control de calidad. El equipo prueba la aplicación para garantizar su correcto funcionamiento:

- Comprobación de que el código está limpio
- Corregir fallos y errores
- Realización de pruebas

### ***Etapa 4 – Despliegue***

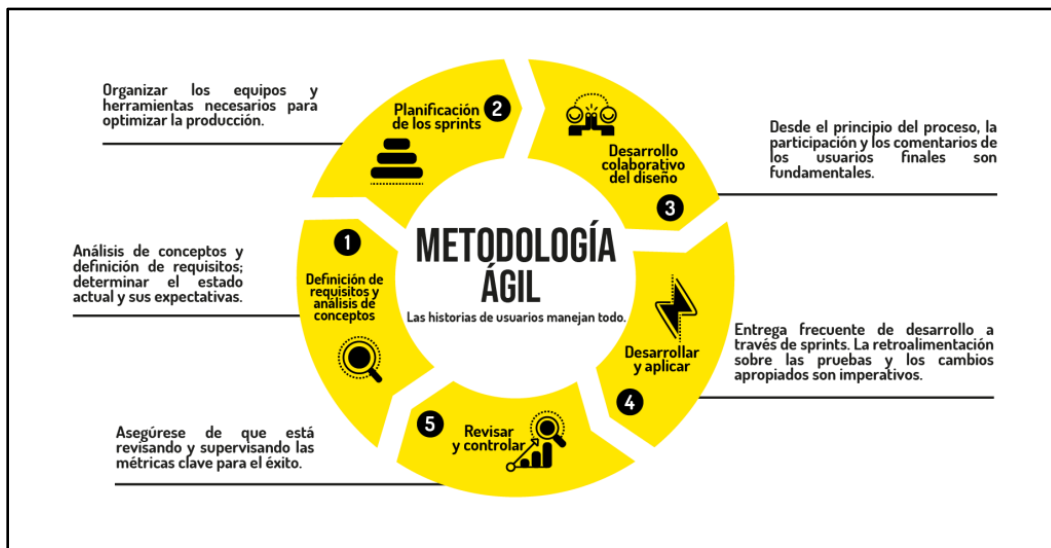
En este punto, el software está listo para ser lanzado y accesible para los usuarios:

- Se elige un entorno de despliegue, ya sea en la nube o en un servidor local, considerando aspectos de seguridad, escalabilidad y accesibilidad.
- Se implementan prácticas de entrega continua para automatizar el despliegue y facilitar futuras actualizaciones del software.

### ***Etapa 5 – Operaciones***

Finalmente, el software entra en una fase de operación continua donde:

- Se realiza un seguimiento y mantenimiento constantes para asegurar el correcto funcionamiento del software, corrigiendo errores y mejorando el rendimiento según sea necesario.
- Se recoge la retroalimentación de los usuarios para identificar oportunidades de mejora y funcionalidades adicionales, fomentando la evolución continua del producto.

**Figura 1****Metodología Agile**

*Nota. Tomado de: <https://www.xaldigital.com/blog/metodologia-agil-revolucionando-la-gestion-de-proyectos/> (2024).*

**Principios Fundamentales de la Metodología Agile**

La Metodología Agile se basa en 12 principios fundamentales que incluyen la satisfacción del cliente, la colaboración y la entrega continua.

1. Satisfacer al cliente a través de entregas continuas.
2. Adaptarse a los cambios en los requisitos.
3. Entregar software funcional frecuentemente.
4. Colaborar con el cliente y partes interesadas.
5. Motivar y apoyar a los miembros del equipo.
6. Comunicación cara a cara.
7. Medir el progreso a través de software funcional.
8. Mantener un ritmo sostenible.
9. Fomentar la simplicidad en diseño y procesos.

10. Equipos autoorganizados.
11. Reflexionar y mejorar constantemente.
12. Adaptar el enfoque según los resultados.

### **Beneficios de usar la Metodología Agile**

Los beneficios de utilizar la metodología Ágil son muchas, entre ellas podemos encontrar; la flexibilidad para adaptarse a los cambios, fomentar la colaboración entre equipos, permitir entregas frecuentes de productos funcionales y permite mantener un enfoque constante en la satisfacción del cliente.

### **Relación entre la Tecnología y la Agricultura**

El crecimiento sostenido de la demanda de alimentos, tanto en calidad como en cantidad, ha impulsado procesos de industrialización y tecnificación en la actividad agrícola. En este contexto, el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés *Internet of Things*) se perfila como una de las tecnologías emergentes más prometedoras para modernizar el sector agropecuario, al ofrecer soluciones innovadoras orientadas al monitoreo, control y eficiencia productiva. Según Gómez y Real-Avilés (2020), la incorporación de tecnologías de la información en la agricultura responde a la necesidad de realizar un seguimiento constante de los procesos del campo, lo que permite optimizar recursos y tomar decisiones en tiempo real. Por su parte, Thyssen (2011) advierte que el grado de penetración del IoT en el ámbito agrícola podría diferir respecto a otras industrias más digitalizadas; sin embargo, reconoce que su impacto es significativo. Entre los principales avances destacan la evolución de la maquinaria agrícola, el mejoramiento genético de semillas y cultivos, y el uso de fertilizantes inteligentes que responden a condiciones específicas del suelo y clima. Estas transformaciones tecnológicas, como señala Pasquale (2020), están redefiniendo la agricultura en la era de la sociedad de la información, permitiendo una producción más sostenible, rentable y adaptada a los desafíos actuales.

## **Sistema de Información**

“Un sistema de información es un conjunto de componentes interrelacionados que recopilan, procesan, almacenan y distribuyen información para respaldar la toma de decisiones, la coordinación, el control, el análisis y la visualización en una organización” (Laudon y Laudon, 2019, p. 5).

Así mismo, Stair y Reynolds, (2019) lo definen como “Un sistema de información es un conjunto de componentes interrelacionados que trabajan juntos para recopilar, procesar, almacenar y difundir información para respaldar la toma de decisiones, la coordinación, el control, el análisis y la visualización en una organización”

## **Sistema de Información Web**

Sharma (2014), en su publicación titulada “*Sistema de información web: un estudio completo*”, lo define como “Un sistema de información web es un sistema que utiliza tecnologías basadas en la web para administrar, organizar y brindar acceso a los recursos de información, lo que permite a los usuarios interactuar con el sistema y recuperar información relevante a través de Internet”.

Bohta (2015), complementa el concepto anterior diciendo que "Un sistema de información web es una colección de aplicaciones y bases de datos basadas en la web que interactúan y colaboran para proporcionar información y servicios a los usuarios a través de navegadores web en Internet".

## **TRL – Niveles de Madurez Tecnológica**

Los Niveles de Madurez Tecnológica (TRL, por sus siglas en inglés: *Technology Readiness Levels*) son una herramienta de evaluación utilizada para medir el grado de desarrollo o preparación de una tecnología antes de su implementación o comercialización. Este sistema fue inicialmente desarrollado por la NASA en la década de 1970 y luego

adoptado por múltiples organismos e industrias para reducir la incertidumbre en la inversión tecnológica (Mankins, 2009).

Este marco permite a investigadores, innovadores, gobiernos y empresas visualizar el ciclo de vida tecnológico, desde su concepción teórica hasta su inserción efectiva en el mercado. Gracias a su enfoque progresivo, los TRL facilitan la gestión de riesgos, la toma de decisiones en I+D+i y la planificación de inversiones públicas o privadas (Sadin, Povinelli & Rosen, 1989; EC, 2020).

En palabras sencillas, los TRL funcionan como una especie de "termómetro de madurez" para las tecnologías. Permiten identificar qué tan lista está una innovación para salir del laboratorio y convertirse en una solución aplicada y sostenible en el entorno real.

## **Marco Legal**

El marco legal para aplicaciones web y móviles en Colombia se basa principalmente en leyes de protección de datos personales, propiedad intelectual, comercio electrónico y acceso a la información. La Ley 1581 de 2012, sobre protección de datos, es fundamental, así como la Ley 603 de 2000, conocida como la "Ley del Software", que regula los derechos de autor sobre el software. Además, la Ley 1341 de 2009 establece el marco para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs).

### **Protección de Datos Personales**

La Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 establecen los principios y procedimientos para la protección de datos personales. Esto incluye la obtención del consentimiento informado del usuario, la finalidad del tratamiento de datos, y los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición.

### **Propiedad Intelectual**

La Ley 23 de 1982, sobre derechos de autor, y la Decisión 351 de 1993 de la Comunidad Andina protegen las obras creadas mediante el uso de tecnologías, incluyendo aplicaciones web y móviles.

### **Comercio Electrónico**

La Ley 527 de 1999 regula los mensajes de datos, el comercio electrónico y las firmas digitales. Además, la Ley 962 de 2005 establece normas sobre racionalización de trámites y procedimientos administrativos.

### **Accesibilidad Digital**

La Ley 1712 de 2014, sobre transparencia y acceso a la información pública, promueve la accesibilidad digital, exigiendo que los sitios web y aplicaciones del Estado sean accesibles para personas con discapacidad.

**TICs y Servicios Públicos Esenciales**

La Ley 1341 de 2009 regula el desarrollo y uso de las TIC, y la Ley 2108 de 2021 establece el internet como un servicio público esencial.

## **Desarrollo del Proyecto Aplicado**

### **Planteamiento del Problema**

Diversos estudios han demostrado que existe una correlación directa entre la capacidad de generar y aplicar conocimiento, y el desarrollo económico sostenible de los países. En este sentido, Colombia ha manifestado un creciente interés por fortalecer su ecosistema de innovación, entendido como la habilidad para crear nuevos productos, procesos, servicios y modelos organizacionales que generen valor agregado o mejoren significativamente los ya existentes (OCDE, 2021). Este enfoque busca posicionar al país en una economía más competitiva, dinámica y autosostenible, donde el conocimiento se convierte en motor estratégico de crecimiento y optimización de inversiones.

En consonancia con este propósito, el presente proyecto plantea una solución tecnológica orientada a atender una necesidad crítica dentro de los procesos de inversión agrícola: el seguimiento riguroso a los recursos invertidos y la mejora en la toma de decisiones. A través del diseño de una herramienta digital (web y móvil), se propone fortalecer la trazabilidad, eficiencia operativa y capacidad analítica de los actores vinculados al sector agropecuario, facilitando la planificación estratégica y el uso inteligente de los recursos. Este tipo de intervenciones responde a las recomendaciones internacionales en materia de digitalización del agro y al llamado a modernizar los sistemas productivos rurales mediante tecnologías inclusivas y sostenibles (FAO, 2022; MinCiencias, 2023).

### **Definición del Problema Central – Árbol De Problemas**

Los pequeños y medianos productores agropecuarios presentan baja adopción de herramientas tecnológicas para la gestión de sus unidades productivas, lo cual limita la eficiencia en la toma de decisiones, la trazabilidad de las actividades y el acceso a mercados y servicios digitales. Esta situación se traduce en menor productividad, dificultades en la

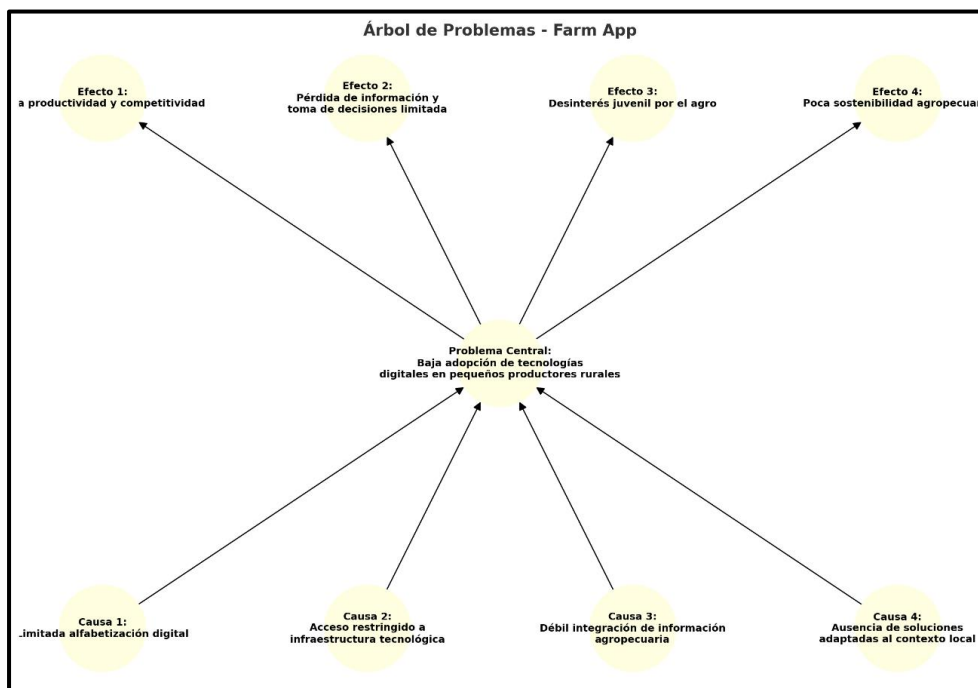
sostenibilidad de los sistemas de producción y un rezago en la competitividad frente a otros sectores más tecnificados.

Ante este panorama, surge la necesidad de plantear soluciones que permitan cerrar la brecha digital en el sector rural y ofrecer alternativas innovadoras que fortalezcan las capacidades productivas de los agricultores y contribuir al fortalecimiento de las inversiones agropecuarias mediante el uso de herramientas digitales que mejoren la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos rurales.

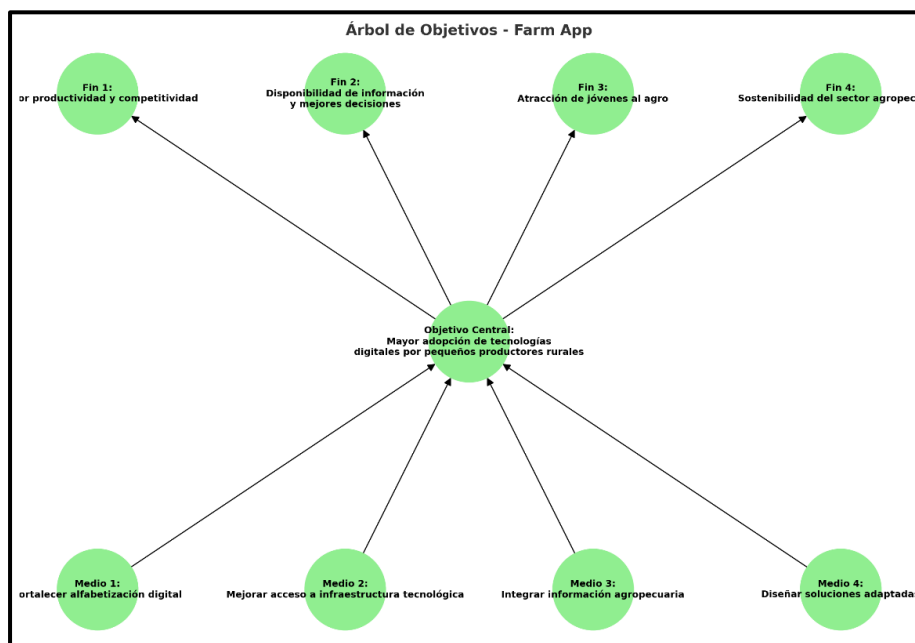
En consecuencia, lo anterior puede sintetizarse en el problema central de la baja adopción de tecnologías digitales para la gestión de actividades agropecuarias en pequeños y medianos productores.

## Figura 2

### Árbol de Problemas



*Nota.* Elaborada por el autor.

**Figura 3***Árbol de Objetivos*

*Nota.* Elaborado por el autor.

**Matriz de Marco Lógico****Tabla 2**

*Matriz de Marco Lógico.*

Narrativa del Proyecto	Indicadores verificables	Medios de verificación	Supuestos
Fin: Contribuir al fortalecimiento de las inversiones en proyectos agropecuarios	Número de usuarios activos de la app después de 6 meses	Informes de uso, estadísticas del servidor	Interés sostenido por parte del sector inversionista
Propósito: Diseñar una herramienta digital que facilite la gestión de proyectos agropecuarios	Prototipo funcional validado por al menos 3 expertos y 10 usuarios	Informe de validación y retroalimentación de usuarios	Existencia de conectividad y equipos compatibles en el área rural
Componente 1: Caracterización de necesidades	Documento diagnóstico con al	Informe de caracterización y actas de reunión	Disponibilidad de actores clave

Narrativa del Proyecto	Indicadores verificables	Medios de verificación	Supuestos
	menos 10 entrevistas aplicadas		
Componente 2: Análisis de referentes tecnológicos	Matriz comparativa de mínimo 5 apps similares	Informe técnico comparativo	Acceso a documentación técnica de otras apps
Componente 3: Diseño del modelo funcional	Diseño de arquitectura validado con criterios UX/UI	Diagramas, wireframes, actas de diseño	Disponibilidad de expertos en desarrollo
Componente 4: Desarrollo de prototipo	Prototipo mínimo viable (MVP) funcional	Repositorio de código, pruebas internas	Recursos tecnológicos disponibles
Componente 5: Validación participativa	Informe con retroalimentación de usuarios reales	Cuestionarios, encuestas, entrevistas	Participación de usuarios agropecuarios

*Nota.* Elaborada por el autor.

### **Población Afectada y Población Objetivo Del Proyecto**

FARM APP, es una herramienta digital multiplataforma (aplicación web y móvil) diseñada para aquellos inversionistas en proyectos productivos agrícolas que desean tener el control de su inversión, sin restricción de su tamaño como productor, sin importar el lugar del mundo en donde se encuentre, obteniendo información al instante, real y oportuna, desligada de los engorrosos y paquidérmicos procesos administrativos, lo cual brinda la posibilidad de tomar decisiones inmediatas en pro de mejorar los procesos, elevar la eficiencia administrativa y la sostenibilidad de los emprendimientos rurales.

#### ***Población Afectada***

Se entiende como población afectada a “todos los actores del sector agropecuario que enfrentan dificultades en el seguimiento, control y toma de decisiones sobre sus inversiones productivas debido a la falta de herramientas tecnológicas adaptadas a su contexto”. En este caso, se incluyen:

- Inversionistas agropecuarios tradicionales con métodos de gestión manual.

- Productores rurales asociados a cooperativas, asociaciones y demás, que manejan grandes extensiones de cultivo sin digitalización de datos.

- Administradores y asistentes técnicos de campo que no cuentan con canales efectivos de comunicación y monitoreo remoto.

Esta población se ve impactada negativamente por la ausencia de una plataforma tecnológica integrada que permita gestionar en tiempo real los aspectos financieros, técnicos y operativos de los proyectos agrícolas.

### ***Población Objetivo***

Corresponde a los usuarios directamente beneficiados por la implementación de la herramienta digital multiplataforma - Farm App, es decir:

- Inversionistas agropecuarios (individuales o colectivos) interesados en digitalizar el seguimiento de sus proyectos.
- Productores agrícolas tecnificados o en proceso de transición digital que requieren herramientas prácticas para organizar información de campo.
- Asistentes técnicos, técnicos agropecuarios y administradores de finca encargados de la ejecución y reporte de actividades agrícolas.

Esta población será capacitada en el uso de la aplicación web y móvil, accediendo a una plataforma intuitiva, adaptable y orientada a mejorar la eficiencia en la gestión agroproductiva.

## **Metodología**

### **Metodología de Desarrollo**

En este contexto, para el desarrollo de una herramienta eficaz destinada a la gestión agrícola, se adoptó una metodología estructurada de desarrollo de software que contempla vida completa del proyecto: obtención de requerimientos, análisis, diseño, implementación, pruebas y documentación (Pressman & Maxim, 2020).

Esta aproximación sistemática garantiza la creación de un sistema eficiente, intuitivo y directamente pertinente al bienestar y las demandas reales de los productores. Las fases iniciales de recolección de requisitos se ejecutaron mediante entrevistas y encuestas con agricultores, las cuales permitieron detallar requerimientos funcionales - como la programación de labores, registro de costos y generación de alertas - y no funcionales como usabilidad, rendimiento y seguridad (Sommerville, 2016).

En la etapa de análisis y diseño se emplearon diagramas UML para representar los flujos de información y los casos de uso, establecidos en colaboración con los futuros usuarios, lo que asegura que la plataforma refleje fielmente las dinámicas cotidianas del campo (Larman, 2004). Durante la implementación, se desarrolló una arquitectura escalable basada en una plataforma web y una aplicación móvil, utilizando un enfoque multiplataforma (Flutter/React Native) que asegura la compatibilidad con distintos dispositivos móviles y navegadores, garantizando interoperabilidad en distintos entornos de conectividad rural.

### ***Enfoque Metodológico***

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó la metodología de proyecto de investigación en donde se combinan elementos de la investigación aplicada y el enfoque de desarrollo de sistemas.

La investigación aplicada y el enfoque de desarrollo de sistemas son dos (2) disciplinas interconectadas que, combinadas, juegan un papel relevante en la solución de

problemas del mundo real y la mejora de procesos organizacionales a través de las tecnologías de la información (TIC'S).

### ***Investigación Aplicada***

La investigación aplicada se caracteriza por su enfoque práctico y orientado a la solución de problemas reales, mediante la utilización del conocimiento científico. Su finalidad no es solo comprender fenómenos, sino transformar entornos específicos a través de intervenciones efectivas y contextualizadas (Easterby-Smith, Thorpe & Jackson, 2015). A diferencia de la investigación básica, que busca ampliar las fronteras del conocimiento teórico, la investigación aplicada se centra en generar resultados tangibles que contribuyan directamente a la mejora de procesos, productos o servicios (Hakim, 1987).

En el ámbito organizacional, y especialmente en el campo de las tecnologías de la información, esta modalidad investigativa cumple un papel fundamental. Es utilizada para analizar el impacto real de las soluciones tecnológicas en el desempeño empresarial, evaluando su efectividad en contextos dinámicos y específicos (Rai, Lang & Welker, 2002). Este enfoque demanda la recolección sistemática de datos empíricos, permitiendo valorar no solo la funcionalidad de los sistemas implementados, sino también su adaptabilidad, escalabilidad y aporte a los objetivos estratégicos de la organización.

Además, la investigación aplicada en entornos tecnológicos permite crear soluciones de forma ágil, identificando rápidamente fallas o áreas de mejora y generando ajustes que optimicen el rendimiento y la usabilidad. Esto resulta especialmente útil en proyectos como el desarrollo de aplicaciones digitales, donde los ciclos de mejora continua, basados en evidencia empírica, son claves para garantizar una adopción exitosa por parte de los usuarios y un retorno real sobre la inversión tecnológica.

### ***Enfoque de Desarrollo de Sistemas***

El enfoque de desarrollo de sistemas comprende un conjunto estructurado de metodologías, prácticas y principios orientados al diseño, construcción, prueba e implementación de sistemas de información y soluciones de software (Pressman, 2014). Este enfoque busca responder de manera eficaz a las necesidades específicas de las organizaciones y de los usuarios finales, garantizando que los productos desarrollados aporten valor real, creen nuevos productos que den solución real a la necesidad y mejoren los procesos existentes (Sommerville, 2019).

El proceso de desarrollo de sistemas suele organizarse en etapas secuenciales que incluyen la recopilación y análisis de requisitos, el diseño arquitectónico, la codificación, las pruebas de calidad y la implementación del sistema en entornos reales. Cada fase se retroalimenta con la anterior, permitiendo una evolución controlada y centrada en los objetivos funcionales y estratégicos del proyecto (Satzinger, Jackson, & Burd, 2018).

Una tendencia contemporánea en la ingeniería de software consiste en integrar la investigación aplicada dentro del proceso de desarrollo de sistemas. Esto implica, por ejemplo, utilizar métodos empíricos para evaluar el rendimiento de la solución tecnológica, realizar pruebas con usuarios reales y adaptar el diseño según los hallazgos obtenidos (Hevner et al., 2004). De este modo, se fortalece la capacidad del equipo de desarrollo para construir productos más eficientes, pertinentes y sostenibles.

En el contexto particular de Farm App, esta integración se potencia a través del uso del marco de trabajo ágil Scrum. Esta combinación permite desarrollar un software centrado en la evidencia, con ciclos iterativos de mejora continua, basados en la retroalimentación de los usuarios y el análisis de datos obtenidos en campo. Al emplear esta estrategia, el proyecto no solo aborda necesidades reales del sector agropecuario, sino que también asegura una gestión flexible, eficiente y adaptada al ritmo de evolución tecnológica actual.

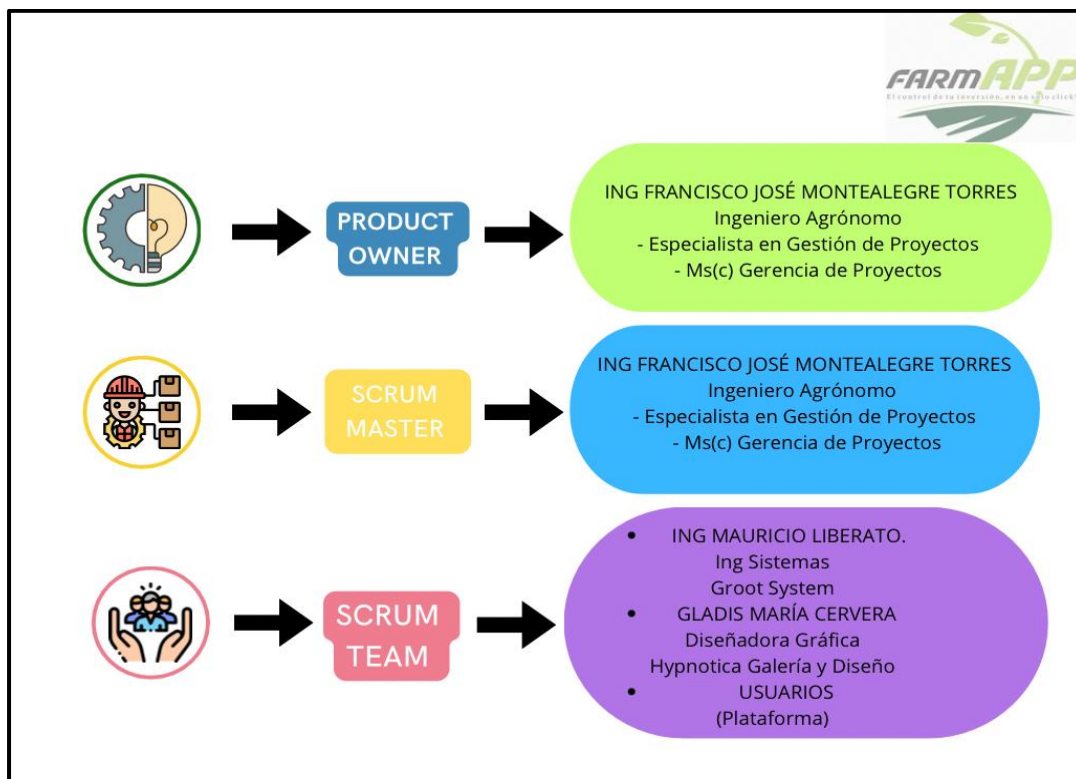
## Metodología Elegida

Debido a que la metodología para el desarrollo de este proyecto ha sido de tipo descriptivo, cualitativo y cuantitativo. Esta se hizo mediante las siguientes etapas y fases:

## SCRUM del proyecto

### Figura 4

#### Equipo SCRUM de Farm App



*Nota.* Elaborado por el autor.

Para el desarrollo de FARM APP, se adoptó la metodología ágil **Scrum**, ampliamente reconocida en la industria del software por su flexibilidad, adaptabilidad al cambio y orientación a entregas incrementales de valor. Esta metodología fue seleccionada debido a su idoneidad para proyectos con requerimientos dinámicos y cronogramas ajustados, como es el caso del diseño de una aplicación web y móvil destinada al sector agropecuario. A diferencia de modelos tradicionales como el enfoque en cascada, Scrum permite responder de forma

iterativa a los cambios de contexto y necesidades del usuario, manteniendo estándares elevados de calidad en el producto final (Sutherland & Schwaber, 2020).

El principal objetivo del proyecto es desarrollar una aplicación digital accesible desde múltiples plataformas, tanto en versión móvil como web, que facilite la gestión de inversiones agropecuarias en tiempo real. Para lograr este propósito, se optó por tecnologías libres, de código abierto y con amplia documentación comunitaria, priorizando su madurez, escalabilidad y compatibilidad multiplataforma. De esta manera, se garantiza una solución robusta, segura y libre de licencias costosas, evitando a su vez la dependencia de tecnologías emergentes no suficientemente validadas (Fowler, 2022).

En cuanto a la arquitectura de red, se mantuvo el uso del protocolo HTTP como estándar de comunicación para aplicaciones web, dada su estabilidad, compatibilidad universal y soporte por parte de servidores y navegadores modernos (Fielding & Reschke, 2014).

Metodológicamente, el enfoque de investigación adoptado es mixto: de tipo descriptivo, en tanto se detalla el proceso de diseño y desarrollo; cualitativo, por la observación de necesidades y percepción de usuarios potenciales; y cuantitativo, al integrar datos obtenidos a través de encuestas estructuradas aplicadas durante la validación del prototipo. Estas fases metodológicas se desarrollan de forma escalonada, articulando la gestión del proyecto con las iteraciones técnicas propias del ciclo Scrum, permitiendo retroalimentaciones constantes y mejoras incrementales.

La metodología para el desarrollo de la herramienta digital multiplataforma (aplicación web y móvil), se hará mediante las siguientes fases:

### **Tabla 3**

*Fases de Desarrollo de Farm App.*

Fase	Detalle
4ta Fase:	Diseño del prototipo del aplicativo móvil y web
5ta Fase:	Revisión y ajustes del prototipo de FARM APP.
6ta Fase:	Pruebas experimentales.
7ma Fase:	Entrenamiento y capacitación a la población usuaria de la aplicación - Capacitación de uso.

*Nota.* Elaborada por el autor.

Nota: Las fases 1, 2 y 3 del proyecto Farm App fueron ejecutadas durante el desarrollo del trabajo de grado de Especialización en Gestión de Proyectos titulada “*FARMER APP*: software de autogestión administrativo de inversión en proyectos agrícolas para los agricultores socios de la cooperativa de arroceros – Serviarroz LTDA, en la zona de la meseta de Ibagué, departamento del Tolima”. (Montealegre t, fj. 2018).

Se ha optado por usar la quinta revisión de lenguaje básico para la web, HTML5. Tras la experiencia de HTML4 se ha mejorado el uso (sobre todo en dispositivos móviles), con sintaxis muy potentes, sobre todo a la hora de realizar formularios web, la cual es una funcionalidad muy usada en las aplicaciones.

La utilización de MySQL como gestor de bases de datos viene determinada principalmente por ser un gestor de código abierto, libre y gratuito muy potente y con un fuerte soporte detrás ya que es el software más usado en el mundo en bases de datos, y, además, ha sido adquirido recientemente por la empresa multinacional Oracle. Esto garantiza que a la hora de desarrollar la base de datos sea fácil encontrar documentación y personal adecuado con gran experiencia en el gestor.

Se utilizará la técnica de programación orientada a objetos (POO). Este estilo de programación es el más adecuado para este caso ya que a través de el, se puede abstraer de la

realidad, las diferentes entidades de negocio, y convertirlas en objetos que posteriormente serán la base fundamental del programa.

Para el desarrollo de aplicaciones web en dispositivos móviles hemos elegido un framework compatible con la mayoría de ellos, de tal forma que sólo sea necesario un único desarrollo para todos los dispositivos (Android, iPhone, BlackBerry. etc.). Estas características las cumple a la perfección jQuery Mobile, el cual está basado en jQuery y cómo no, es de código abierto y gratuito.

Al usarse dispositivos móviles, la representación de información transmitida es un punto importante para reducir el volumen de datos de la mejor forma posible, y por ello, se optó por JSON, en vez de, por ejemplo, representación de datos en XML. Además, es muy fácil de aprender y muy relacionado con JavaScript.

Para que la aplicación web pueda ser nativa del teléfono, y, además, se pueda disponer de funciones propias del dispositivo móvil, se ha elegido PhoneGap.

Es necesario disponer de un servidor web el cual sirva todo el contenido a los distintos dispositivos, ya sean ordenadores o dispositivos móviles. Este servidor dispondrá acceso a la base de datos y contará con los mecanismos necesarios para recibir y enviar información desde y hacia los dispositivos que ejecuten la aplicación.

### ***Recursos necesarios***

**Tabla 4**

#### *Recursos Necesarios para Construir Farm App*

Recurso	Descripción	Presupuesto
<b>Equipo Humano</b>	1 (uno) estudiante del programa de Maestría en Gerencia de Proyectos de la UNAD CEAD Ibagué.	Ninguno
	1 (uno) Ingeniero de sistemas con experiencia en diseño de herramientas digitales multiplataforma (aplicación web y móvil).	\$5.000.000
<b>Equipos y</b>	<b>HARDWARE</b>	

Recurso	Descripción	Presupuesto
<b>Software</b>	Computador Hp con disco duro 1 Tera Gb. Memoria RAM 4 Gb o superior	Equipo de Propiedad del estudiante \$3.500.000
	Conexión a internet: 5 Mbps.	Pago mensual al proveedor de internet Movistar asumido por parte del estudiante \$ 80.000
	Celular de gama media.	Equipo móvil de Propiedad del estudiante \$1.500.000
	Disco Duro Portable 1 Tera de almacenamiento	Dispositivo portable de Propiedad del estudiante \$ 450.000
<b>SOFTWARE</b>		
	Aplicación de desarrollo Sublime Text	Licencia gratis
	Servidor web con dominio y alojamiento de tipo Apache con espacio de almacenamiento ilimitado que soporte Base de datos MySQL, permite el editor de base de datos phpMyAdmin al igual que el intérprete web para PHP, HTML, AJAX, jQuery, JSON, JAVASCRIPT	Pago mensual al proveedor de hosting Linux asumido por parte del estudiante \$18.999 cotizado mediante el plan mensual premium de hostinger Colombia.
	PhoneGap	Licencia gratuita y Open source
	Filezilla versión 3.7.1 o superior	Licencia Gratis
	Navegador: Mozilla Firefox/Google Chrome	Licencia Gratis
	Servidor local Apache AppServ 8.5.0	Licencia Gratis
<b>Viajes y Salidas de Campo Materiales y suministros</b>	Visitas a las instalaciones de la UNAD para observar el proceso y para la realización de las indagaciones al personal involucrado	Ninguno
	No aplica	Ninguno
<b>Bibliografía</b>	Ninguna	Docs.phonegap.com. (2017). PhoneGap API Documentation. [online] Available at: <a href="http://docs.phonegap.com/en/2.0.0/index.html">http://docs.phonegap.com/en/2.0.0/index.html</a> [Accessed 19 Junio 2017]. Json.org. (2017). JSON. [online] Available at: <a href="http://www.json.org">http://www.json.org</a> [Accessed 19 Junio 2017]. Jquerymobile.com. (2017). jQuery Mobile: Demos and Documentation. [online] Available at: <a href="http://jquerymobile.com/demos/1.1.1/">http://jquerymobile.com/demos/1.1.1/</a> [Accessed 19 Junio 2017].
<b>TOTAL</b>		

*Nota.* Elaborada por el autor.

### Juicio de Expertos

Según el Project Management Institute (PMI), el juicio de expertos es definido como:

“Una técnica basada en el conocimiento proporcionado por una o más personas con

formación especializada o experiencia en un área particular que se aplica al proceso de planificación, análisis o toma de decisiones en proyectos.”(PMI, 2021, p. 144)

Este enfoque es especialmente valioso en escenarios con alta incertidumbre, escasez de datos empíricos o cuando se requiere validar herramientas o decisiones estratégicas. El juicio puede recogerse de forma individual, grupal o mediante métodos estructurados como la técnica Delphi, paneles de expertos o entrevistas estructuradas (Szwed, 2016)

### ***Objetivo del Juicio***

Reunir y sistematizar las valoraciones de expertos en agricultura, tecnologías de la información y gestión de proyectos, con el fin de evaluar las funcionalidades, pertinencia, escalabilidad y riesgos del Mínimo Producto Viable (MVP) de la aplicación *Farm App*, diseñada para el monitoreo y control de proyectos agropecuarios.

### ***Perfil y Criterios de Selección de Expertos***

- Experiencia profesional de al menos 5 años en proyectos TIC aplicados al sector agropecuario.
- Formación profesional en agronomía, ingeniería agrícola, desarrollo rural, tecnologías de la información o gerencia de proyectos.
- Dominio de herramientas digitales en el campo (apps, sistemas de trazabilidad, IoT, SIG).
- Participación comprobada en proyectos de innovación rural o soluciones digitales para el agro.

### ***Composición del Panel Sugerido***

- 2 productores rurales vinculados a cooperativas (ej. Serviarroz Ltda.).
- 1 desarrollador con experiencia en soluciones multiplataforma para el agro.
- 1 ingeniero agrícola o agrónomo experto en agricultura digital.

- 1 gestor de proyectos TIC con enfoque rural.
- 1 profesional en diseño UX/UI para apps rurales.
- 1 funcionario de una entidad gubernamental (ej. MinAgricultura, Finagro).

### ***Metodología Propuesta: Técnica Delphi***

- Ronda 1: Evaluación individual de funcionalidades del MVP, retos de adopción y valor agregado.
- Sistematización: Resumen anónimo de hallazgos comunes y divergencias.
- Ronda 2: Validación colectiva y jerarquización de prioridades, riesgos y oportunidades.

### ***Entregables Esperados***

1. Tabla de funcionalidades priorizadas (impacto, facilidad de uso, pertinencia).
2. Mapa de riesgos técnicos, operativos y culturales asociados al MVP.
3. Recomendaciones para iteraciones de mejora.
4. Informe de validación con firma de expertos.

### ***Protocolo Ético y Logístico***

- Consentimiento informado.
- Participación voluntaria y anonimato en las respuestas.
- Agradecimiento y certificación de participación como asesor experto.

### ***Cronograma Operativo del Juicio de Expertos***

**Tabla 5**

#### *Cronograma Operativo del Juicio de Expertos*

Actividad	Responsable	Fecha estimada	Recursos requeridos
Identificación y contacto de expertos	Coordinador TIC	Semana 1	Base de datos, correo, celular
Envío de carta de invitación y consentimiento	Coordinador general	Semana 1	Formato PDF, firma digital
Taller de inducción virtual	Equipo Farm App	Semana 2	Plataforma Zoom/Meet

Actividad	Responsable	Fecha estimada	Recursos requeridos
Aplicación de Ronda 1 del cuestionario Delphi	Moderador técnico	Semana 2-3	Google Forms / Encuesta online
Análisis de resultados y resumen anónimo	Equipo analítico	Semana 4	Excel, NVivo / Atlas.ti
Aplicación de Ronda 2 del cuestionario Delphi	Moderador técnico	Semana 5	Formulario Delphi
Consolidación de resultados finales	Coordinador TIC	Semana 6	Reporte Word/PDF
Envío de certificados de participación	Secretaría técnica	Semana 6	Plantilla certificación

*Nota.* Elaborado por el autor.

Instrumento sugerido: Cuestionario Delphi

### ***Modelo de Cuestionario Delphi***

El modelo de cuestionario Delphi es una herramienta metodológica utilizada dentro de la técnica Delphi, un enfoque sistemático para obtener el juicio informado y consensuado de un grupo de expertos sobre un tema determinado.

En el apéndice A se comparte el Modelo de Cuestionario Delphi diseñado para evaluar Farm App:

### **Matriz de Decisión**

Una matriz de decisión es una herramienta estructurada que permite evaluar y comparar distintas alternativas frente a un conjunto de criterios previamente definidos, asignando ponderaciones y calificaciones para facilitar la toma de decisiones objetivas y justificadas.

Según Kerzner (2017), una matriz de decisión se define como: “Una técnica analítica que ayuda a seleccionar la mejor alternativa entre varias posibles, mediante la identificación de los criterios de evaluación, la asignación de pesos a dichos criterios y la calificación de cada opción en función de estos, permitiendo cuantificar el proceso de decisión.” (Kerzner, 2017, p. 1103)

Este instrumento es ampliamente utilizado en gestión de proyectos, ingeniería, administración pública y procesos de evaluación técnica. Su valor radica en que permite integrar tanto variables cuantitativas como cualitativas, minimizar la influencia de sesgos y transparentar el razonamiento detrás de una elección.

**Tabla 6**

*Matriz de Decisión*

Criterio de Evaluación	Peso (%)	Alternativa 1: Farm App	Alternativa 2:	Alternativa 3:
			Sistema comercial externo	Desarrollo interno sin app
Pertinencia técnica	25	5 (125)	3 (75)	2 (50)
Facilidad de adopción por usuarios	20	4 (80)	3 (60)	2 (40)
Costo de implementación y mantenimiento	15	4 (60)	2 (30)	5 (75)
Escalabilidad y adaptabilidad	15	5 (75)	3 (45)	2 (30)
Capacidad de integración tecnológica	10	4 (40)	4 (40)	1 (10)
5. Impacto en la toma de decisiones	10	5 (50)	3 (30)	2 (20)
Nivel de innovación y diferenciación	5	5 (25)	2 (10)	1 (5)
Total	100	455	290	230

*Escala de calificación usada:*

*5 = Excelente. 4 = Bueno. 3 = Aceptable. 2 = Bajo. 1 = Deficiente*

*Nota.* Elaborada por el autor.

Farm App obtiene el mayor puntaje total (455/500), reflejando su alineación con las necesidades del usuario final, gracias a su carácter innovador y su escalabilidad.

La alternativa de un sistema comercial externo ofrece cobertura parcial, pero menor personalización y mayor costo.

El desarrollo interno tradicional sin app presenta ventajas en costo, pero baja efectividad tecnológica y nulo impacto en tiempo real.

## Resultados

### Cronograma de Actividades

**Tabla 7**

*Cronograma de Actividades*

Etapa	Actividad
Etapa 1	<b>1er Fase:</b> Estudio del ambiente y recolección de información por medio de entrevistas y encuestas.
	<b>2da Fase:</b> Modelado de la Información: captura, transcripción y ordenamiento de la información.
	<b>3er Fase:</b> Análisis de requerimientos
	<b>4ta Fase:</b> Diseño del prototipo y aplicativo móvil y web
	<b>5ta Fase:</b> Diseño y desarrollo del aplicativo móvil y web.
Etapa 2	<b>6ta Fase:</b> Pruebas experimentales.
	<b>7ma Fase.</b> Diseño material informativo manual de usuario y técnico.
	<b>8va Fase.</b> Integración y/o Despliegue

*Nota. Elaborada por el Autor*

### **Etapa 1 – Fase 1: Estudio del Ambiente y Recolección de Información por Medio de Entrevistas y Encuestas**

Se tomó como referencias la información de la encuesta realizada por Montealegre T, FJ (2018) (ver anexo No 1), en donde se identificó la población objetivo, el grado de escolaridad y los intereses de los encuestados.

Fórmula para calcular una muestra poblacional

$$1 = \frac{N \cdot z^2 \cdot P \cdot (1 - P)}{(N - 1) \cdot e^2 + z^2 \cdot P \cdot (1 - P)}$$

Donde:

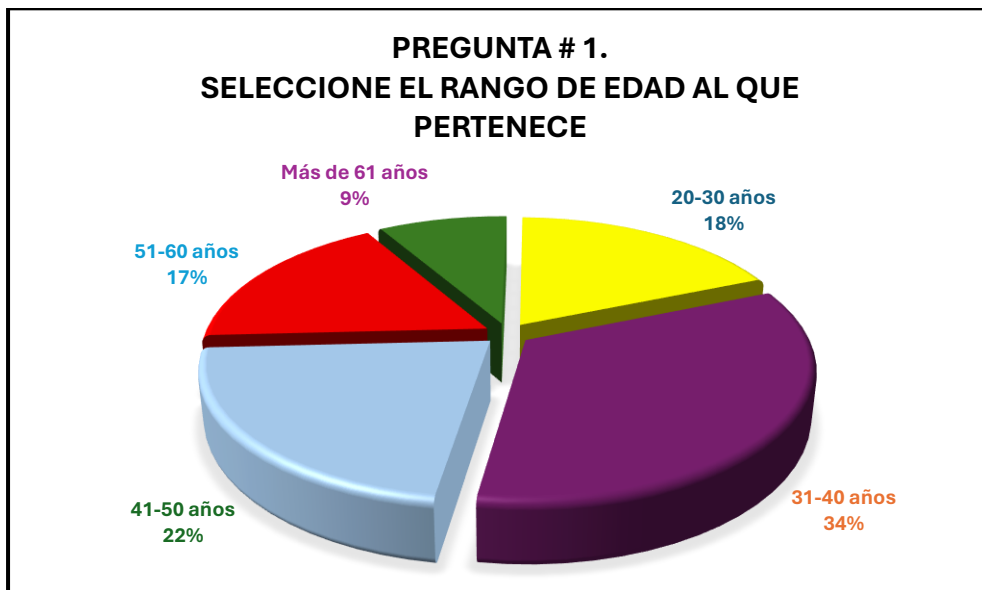
- N = Total de la población = 90 individuos
- $Z_{\alpha} = 1.96$  al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
- d = precisión (en su investigación use un 5%)

### **Resultados**

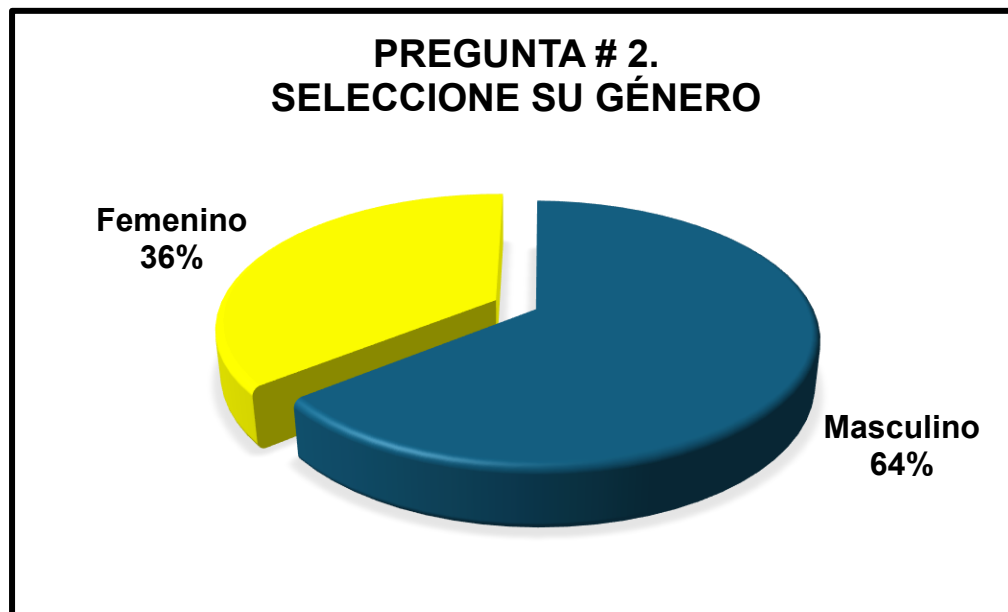
- Para que la encuesta sea aceptada, el tamaño de la muestra con la cual se va a realizar las encuestas no debe ser inferior a 74 individuos encuestados.
- La encuesta fue contestada por 76 de 90 individuos.

### **Etapa 1 – Fase 2: Modelado de la Información: Captura, Transcripción y Ordenamiento de la Información**

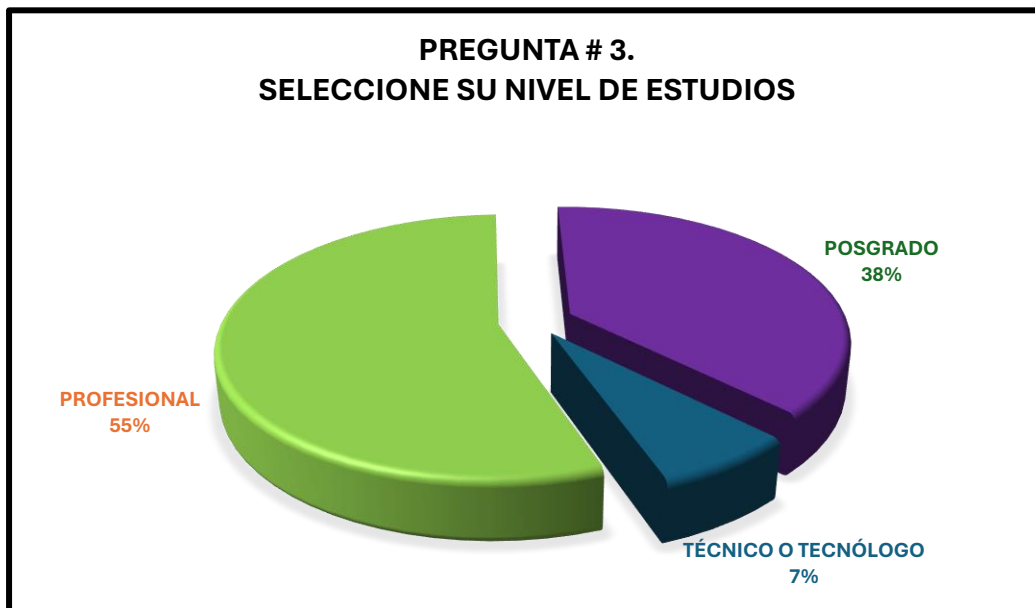
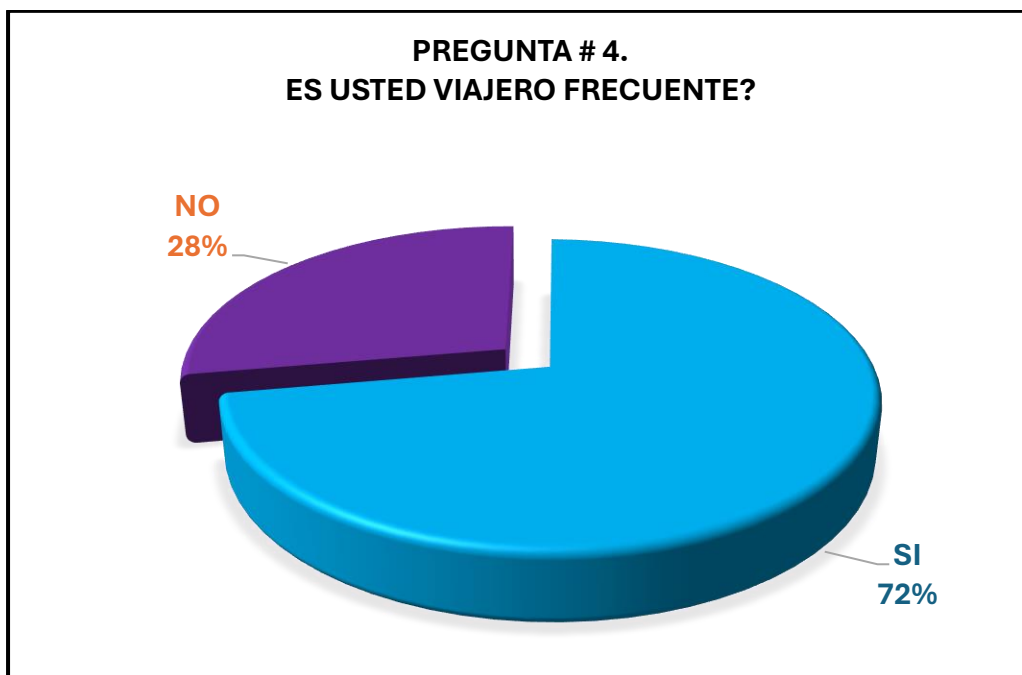
A continuación, me permito presentar de manera gráfica, el resultado de la encuesta realizada.

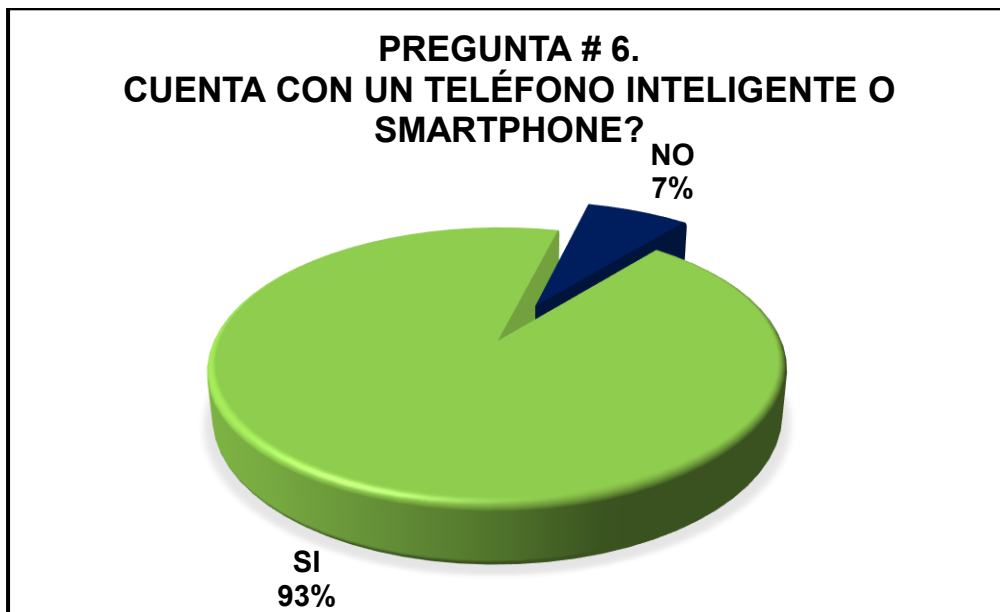
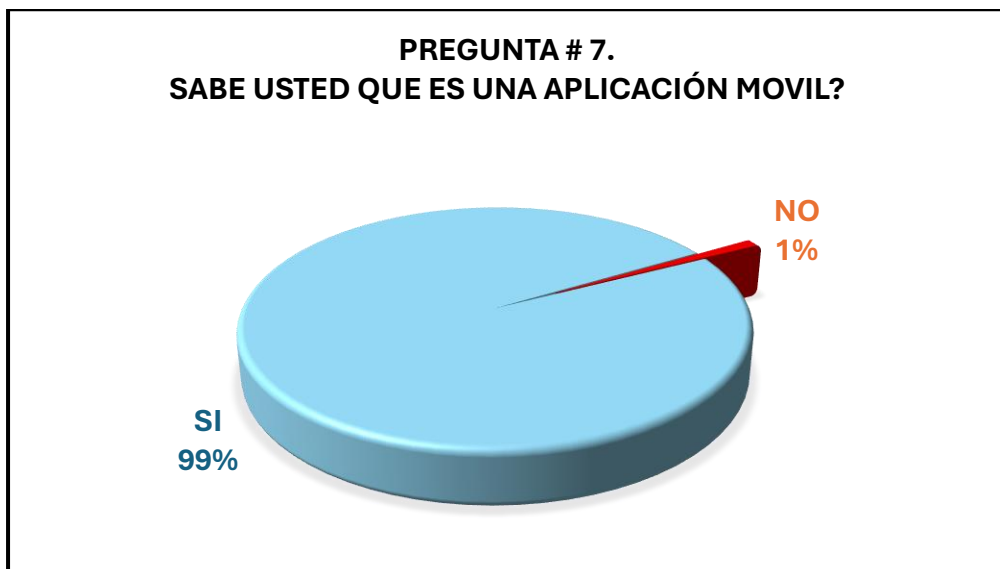
**Figura 5***Pregunta #1*

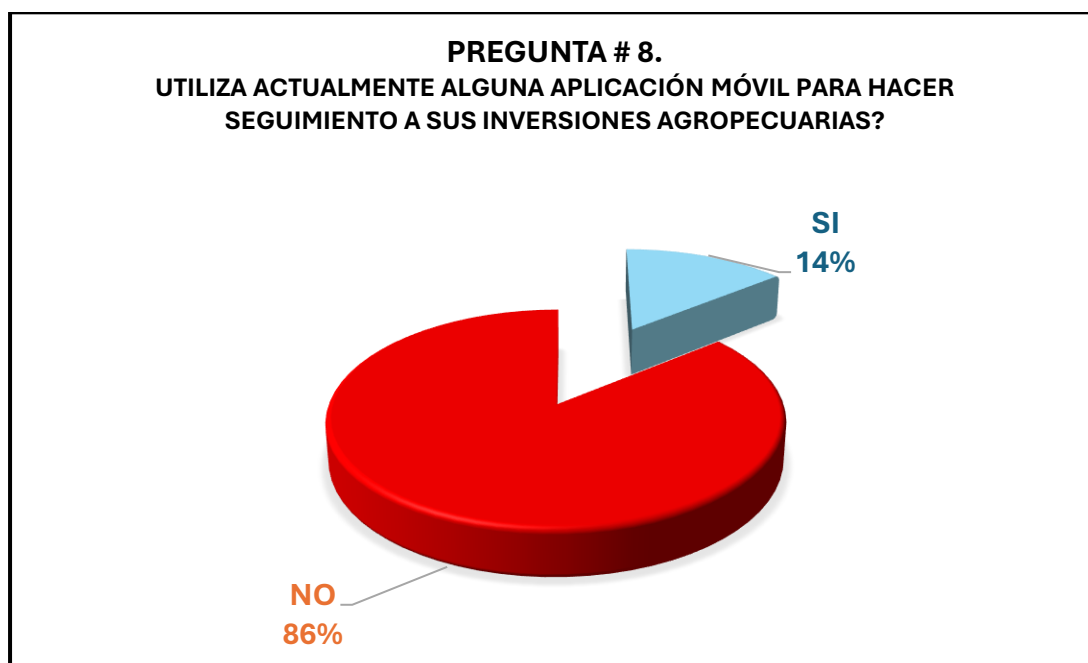
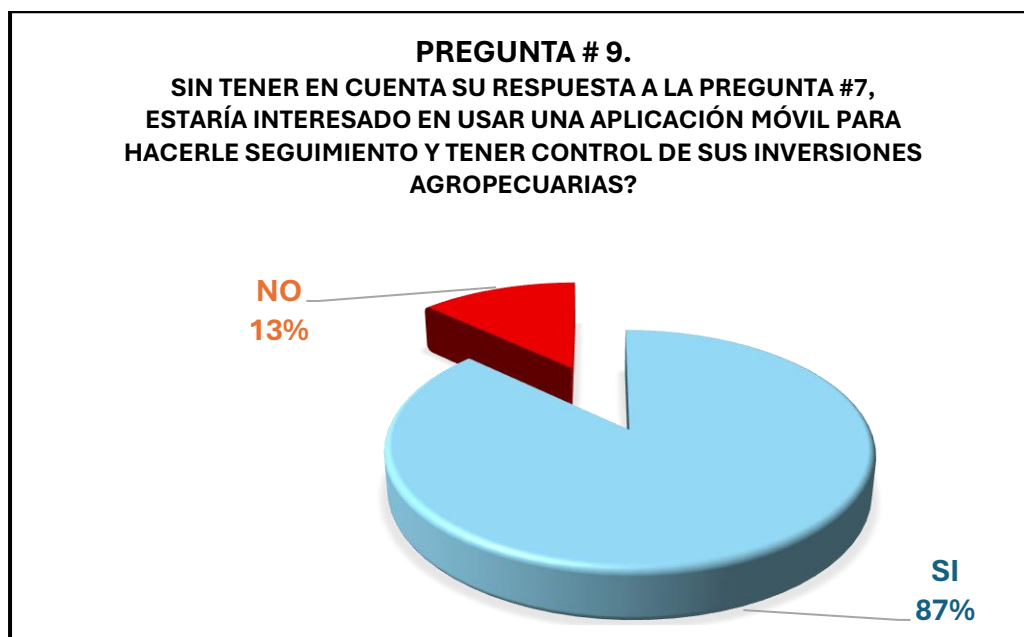
*Nota.* Elaborada por el autor.

**Figura 6***Pregunta #2*

*Nota.* Elaborada por Autor

**Figura 7***Pregunta 3**Nota.* Elaborada por Autor**Figura 8***Pregunta #4**Nota.* Elaborada por Autor

**Figura 9***Pregunta # 6**Nota.* Elaborada por Autor**Figura 10***Pregunta #7**Nota.* Elaborada por Autor

**Figura 11***Pregunta #8**Nota.* Elaborada por Autor**Figura 12***Pregunta #9**Nota.* Elaborada por Autor

## **Etapa 1 – Fase 3: Análisis de Requerimientos**

La tipología utilizada para desarrollar este proyecto va encaminada inicialmente a la observación, ya que no existe un aplicativo web que suministre la información tal como se propone. (Montealegre, 2019)

### ***Hallazgos Principales***

Del análisis de requerimientos se desprendieron varios hallazgos que orientaron el diseño del proyecto:

**Vacío Tecnológico Existente.** No se identificó un aplicativo que integrara de manera unificada la gestión productiva, la trazabilidad, el monitoreo en tiempo real y el acceso a información técnica en el sector rural (Montealegre, 2019).

**Brecha Digital.** Se constató que los pequeños productores presentan limitaciones en el uso de herramientas digitales, lo que obliga a priorizar interfaces simples, intuitivas y con lenguaje accesible.

**Necesidad de Integración de Datos.** La información agropecuaria disponible se encuentra dispersa en múltiples fuentes (gubernamentales, académicas, privadas), y en anaqueles en físico con alto riesgo de pérdida de la información, lo que refuerza la importancia de consolidarla en una sola plataforma.

**Alta Pertinencia Social.** Se evidenció que la adopción de una solución como *Farm App* podría contribuir a retener jóvenes en el campo al ofrecer una visión moderna y tecnológica de la agricultura.

**Factibilidad Técnica.** El uso de frameworks como *React Native* o *Ionic*, junto con servicios cloud accesibles, hace viable el desarrollo multiplataforma con recursos disponibles en el mercado

### ***Requerimientos Analizados***

Durante esta fase se realizó un estudio sistemático de las necesidades de los actores involucrados en el sector agropecuario con el fin de establecer los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación. Entre los principales se identificaron:

#### ***Requerimientos Funcionales***

- Acceso a información agropecuaria relevante (clima, suelos, mercados, costos de producción).
- Gestión digital de inversiones productivas (registro de gastos, ingresos y proyecciones).
- Monitoreo y seguimiento de actividades agropecuarias en tiempo real.
- Compatibilidad multiplataforma (aplicación móvil y versión web).
- Acceso a funcionalidades nativas como notificaciones, cámara y geolocalización.
- Sincronización de datos entre diferentes dispositivos mediante API RESTful.

#### ***Requerimientos no Funcionales***

- Seguridad en el manejo de datos (cifrado de contraseñas, autenticación con tokens JWT, validación de formularios).
- Facilidad de uso y diseño intuitivo para usuarios con baja alfabetización digital.
- Escalabilidad horizontal para soportar el crecimiento de usuarios.
- Accesibilidad desde zonas con baja conectividad.
- Respaldo automático y monitoreo de rendimiento del sistema.

## **Etapas 1 – Fase 4: Diseño y Desarrollo del Prototipo Aplicativo Móvil y Aplicativo Web**

Para la elaboración de FARMER APP - Aplicación que se planteó en este proyecto, se propuso tomar por primera vez la información del historial de los costos de producción y de los volúmenes de producción de los cultivos que se siembran en la zona de la Meseta de Ibagué.

Se optó por usar la quinta revisión de lenguaje básico para la web, HTML5. Tras la experiencia de HTML4 se ha mejorado el uso (sobre todo en dispositivos móviles), con sintaxis muy potentes, sobre todo a la hora de realizar formularios web, la cual es una funcionalidad muy usada en las aplicaciones.

La utilización de MySQL como gestor de bases de datos viene determinada principalmente por ser un gestor de código abierto, libre y gratuito muy potente y con un fuerte soporte detrás ya que es el software más usado en el mundo en bases de datos, y, además, ha sido adquirido recientemente por la empresa multinacional Oracle. Esto garantiza que a la hora de desarrollar la base de datos sea fácil encontrar documentación y personal adecuado con gran experiencia en el gestor.

Se utilizó la técnica de programación orientada a objetos (POO). Este estilo de programación es el más adecuado para este caso ya que a través de él, se puede abstraer de la realidad, las diferentes entidades de negocio, y convertirlas en objetos que posteriormente serán la base fundamental del programa.

Para el desarrollo de aplicaciones web en dispositivos móviles se eligió un framework compatible con la mayoría de ellos, de tal forma que sólo sea necesario un único desarrollo para todos los dispositivos (Android, iPhone, BlackBerry. etc.). Estas características las cumple a la perfección jQuery Mobile, el cual está basado en jQuery y cómo no, es de código abierto y gratuito.

Al usarse dispositivos móviles, la representación de información transmitida es un punto importante para reducir el volumen de datos de la mejor forma posible, y por ello, se optó por JSON, en vez de, por ejemplo, representación de datos en XML. Además, es muy fácil de aprender y muy relacionado con JavaScript.

Para que la aplicación web se hizo necesario disponer de un servidor web el cual sirva todo el contenido a los distintos dispositivos, ya sean ordenadores o dispositivos móviles. Este servidor dispondrá acceso a la base de datos y contará con los mecanismos necesarios para recibir y enviar información desde y hacia los dispositivos que ejecuten la aplicación.

### ***Etapa 2 – Fase 5: Desarrollo Página WEB***

La página web de Farm App es una plataforma digital diseñada para facilitar el acceso, uso y comprensión de una solución tecnológica orientada a la gestión y seguimiento de inversiones agrícolas. Funciona como punto de entrada tanto informativo como operativo para pequeños, medianos y grandes productores, inversionistas agropecuarios y organizaciones rurales.

Este sitio web integra elementos visuales, técnicos y funcionales, contruidos sobre tecnologías HTML5, CSS, JavaScript, Bootstrap y PHP, asegurando compatibilidad multiplataforma y acceso responsivo desde dispositivos móviles y de escritorio.

La aplicación presenta de manera clara y accesible un conjunto de funcionalidades diseñadas para responder a las necesidades del sector agrícola, entre ellas la programación de labores agrícolas, que facilita la planificación ordenada de actividades productivas; el control de insumos, que permite registrar y gestionar el uso eficiente de fertilizantes, semillas y agroquímicos; el monitoreo climático en tiempo real, que apoya la toma de decisiones frente a condiciones ambientales variables. Estas funcionalidades no operan de manera aislada, sino que se integran como parte de un sistema que acompaña de forma práctica y tecnológica los procesos de producción, gestión y sostenibilidad del agro. Adicionalmente, el portal

comunica de manera eficiente los beneficios de la herramienta, identifica a su público objetivo, ofrece un canal de contacto directo y proporciona acceso a la descarga del sistema en sus versiones móvil y web, garantizando que la solución sea accesible y adaptable al contexto rural.

En conjunto, la web de Farm App representa una vitrina digital para una propuesta innovadora que contribuye a la transformación tecnológica del sector agropecuario colombiano, al tiempo que empodera a sus usuarios con herramientas de autogestión, datos en tiempo real y procesos de decisión más eficientes.

En cuanto a la experiencia del usuario, se aplicaron principios de diseño centrado en el usuario (UX): interfaces limpias y visuales, uso de iconografía intuitiva para usuarios rurales, navegación por pestañas claras y manuales interactivos accesibles.

Pruebas de usabilidad realizadas con agricultores demostraron una aceptación superior al 85 %, lo cual indica que la curva de aprendizaje es corta—menos de dos semanas en promedio—y su uso diario es percibido como un soporte efectivo a la gestión (ISO 9241-210, 2019).

### **Matriz De Stakeholders o Interesados**

Para el manejo de stakeholders se utilizó la *“Metodología Matriz de Evaluación de la Participación de los interesados”*.

**Tabla 8***Matriz De Stakeholders o Interesados*

NOMBRE DEL PROYECTO	DIRECTOR	FECHA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	VERSIÓN					
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE FARM APP: APLICACIÓN DE AUTOGESTIÓN ADMINISTRATIVO PARA EL CONTROL DE LA INVERSIÓN EN PROYECTOS AGRÍCOLAS</b>	<b>Francisco José Montealegre Torres</b>	<b>Junio 13 de 2025</b>	<b>V1</b>					
<b>Compromiso</b>								
Interesado	Desconocedor	Reticente (Se resiste)	Neutral	Partidario (Apoya)	Líder	Poder / Influencia	Interés	Estrategia
Cooperativa Serviarroz Ltda.				D	X	A	A	A-A
Cooperativa de Caficultores				D	X	A	A	A-A
Agricultores agremiados				D	X	A	A	A-A
Administradores de cultivos				D		B	A	B-B
Asistentes técnicos / Extensionistas				D		A	A	A-B
Molinos	X					B	A	B-A
Distribuidores de Insumos	X			D		A	A	B-B
Distritos de Riego	X					B		B-A

**Notas:**

X: Actual / D: deseado / A: Alto / B: Bajo

Estrategias: Gestionar de cerca (A-A); Mantener satisfecho (A-B); Informar (B-A); Monitorear (B-B)

*Nota.* Elaboración propia.**Registro de Interesados del Proyecto o Stakeholders****Tabla 9***Registro de Interesados del Proyecto o Stakeholders*

Nombre Del Proyecto	Director	Fecha Última Actualización	Versión
Diseño E Implementación De Farm App: Aplicación De Autogestión Administrativo Para El Control De La Inversión En Proyectos Agrícolas	Francisco José Montealegre Torres	Junio 13 De 2025	V1

Nombre Del Proyecto		Director		Fecha Última Actualización	Versión		
Identificación				Definición			
Id	Nombre	Organización	Contacto	Requerimientos Y/O Expectativas	Grado De Influencia	Posicionamiento	Comentarios
1	Cooperativa Serviarroz Ltda.	Social	Líder Cooperativo	Impacto Social Y Económico	Alto	Deseado Apoya El Proyecto	Gestionar De Cerca
2	Cooperativa De Caficultores	Social	Líder Cooperativo	Impacto Social Y Económico	Alto	Deseado Apoya El Proyecto	Gestionar De Cerca
3	Agricultores Agremiados		Líder Cooperativo	Impacto Social Y Económico	Alto	Deseado Apoya El Proyecto	Mantener Satisfecho
4	Administradores De Cultivos			Impacto Social Y Económico	Bajo	Apoya El Proyecto	Monitorear
5	Asistentes Técnicos / Extensionistas			Impacto Social Y Económico	Alto	Apoya El Proyecto	Mantener Satisfecho
6	Molinos			Impacto Social Y Económico	Bajo	Apoya El Proyecto	Monitorear
7	Distribuidores De Insumos			Impacto Social Y Económico	Alto	Deseado Apoya El Proyecto	Gestionar De Cerca
8	Distritos De Riego	Social		Impacto Social Y Económico	Bajo	Desconocedor	Monitorear

*Nota.* Elaborada por el autor.

La Matriz de Stakeholders (o de Interesados) es una herramienta clave para entender cómo las personas, grupos o instituciones involucradas en un proyecto se conectan directamente con la problemática que se quiere resolver. A continuación, me permito detallar la relación de cada uno de los interesados con la problemática:

- **Identificación de actores clave:** La matriz permite reconocer quiénes son los que sufren la problemática, quiénes la generan, quiénes pueden mitigarla y quiénes tienen poder de decisión sobre posibles soluciones.
- **Intereses y expectativas:** Cada stakeholder tiene una visión distinta de la problemática. La matriz ayuda a visibilizar qué esperan frente al problema y qué grado de interés tienen en resolverlo.

- Nivel de influencia: No todos los actores tienen el mismo poder. La matriz permite analizar quiénes pueden favorecer o obstaculizar la solución de la problemática.
- Construcción de estrategias de participación: Según la relación con la problemática, se definen estrategias para involucrarlos en el diseño y ejecución de la solución.

La Matriz de Stakeholders es la conexión entre el problema identificado y la estrategia de intervención, porque muestra qué papel juega cada actor frente a la problemática y cómo se deben alinear sus intereses para que la solución sea efectiva y sostenible.

**Tabla 10**

*Análisis de los Stakeholders*

Stakeholder	Interés frente a la problemática	Nivel de poder/influencia	Posición en la matriz	Estrategia de gestión
Pequeños productores rurales	Altísimo: principales afectados, buscan mejorar su productividad y comercialización.	Medio: tienen poca incidencia en políticas, pero son el eje del proyecto.	Alto interés / Bajo poder	Involucrar activamente en el diseño y uso de la app. Capacitación constante y retroalimentación.
Familias rurales	Alto: beneficiarios indirectos (ingresos, bienestar).	Bajo: no deciden sobre la implementación.	Alto interés / Bajo poder	Sensibilizar, mostrar beneficios sociales y económicos.
Asociaciones de productores	Alto: facilitan adopción colectiva.	Medio-alto: influyen sobre productores y pueden presionar instituciones.	Alto interés / Medio poder	Alianzas estratégicas, involucrarlos como promotores de la App.

Stakeholder	Interés frente a la problemática	Nivel de poder/influencia	Posición en la matriz	Estrategia de gestión
Entidades gubernamentales (Secretarías de Agricultura, ADR, MinAgricultura)				Colaboración estrecha, informes periódicos, incluirlos en comités de seguimiento.
Universidades y centros de investigación (ej. UNAD, SENA, Agrosavia)	Alto: aportan conocimiento técnico y metodológico.	Medio: no deciden políticas, pero fortalecen el desarrollo científico.	Alto interés / Medio poder	Integrarlos en fases de investigación, validación de contenidos y capacitación.
Empresas tecnológicas (desarrolladores de software, proveedores de conectividad)				Negociar convenios, garantizar condiciones favorables y sostenibilidad técnica.
ONGs y organismos de cooperación internacional	Medio: buscan proyectos de impacto social.	Medio-alto: financiamiento y legitimidad.	Medio interés / Medio poder	Gestionar alianzas y apoyo financiero.
Comunidad local y consumidores finales	Medio: reciben productos de mejor calidad.	Bajo: poca incidencia en adopción tecnológica.	Medio interés / Bajo poder	Estrategias de comunicación y sensibilización sobre impacto positivo.

*Nota.* Elaborada por el autor.

## Descripción General del Sitio Web de Farm App (<https://farmp.co/>)

Farm App es una plataforma digital diseñada para la autogestión de inversiones en proyectos agropecuarios, que integra una solución web y móvil, adaptada a las realidades del campo colombiano. El sitio web cumple una doble función: ser un punto de acceso a la aplicación y, al mismo tiempo, servir como vitrina informativa, pedagógica y de contacto para agricultores, inversionistas, cooperativas y entidades gubernamentales.

- Encabezado (Header)

Logo corporativo de Farm App ubicado a la izquierda, visible en todo momento.

- Menú de navegación fijo (responsive), con enlaces a:

- ✓ Inicio
- ✓ Funcionalidades
- ✓ Público objetivo
- ✓ Contacto
- ✓ Iniciar sesión - Descarga de la App (Play Store / versión web)
- ✓ Botón flotante de WhatsApp para contacto directo, con ícono y funcionalidad

móvil.

- Sección hero o portada

Imagen de fondo con fotografía de alta calidad relacionada con el agro (cultivos, manos campesinas, tecnología agrícola).

Texto destacado: "Farm App: el control de tu inversión en un solo clic. Sección explicativa clara y concisa que responde a:

- ✓ ¿Qué es Farm App?.
- ✓ ¿Qué problema resuelve Farm App?

- ✓ ¿Cómo funciona?
- ✓ ¿A quién va dirigida?

En esta parte se incluyen iconos representativos de accesibilidad, conectividad y eficiencia.

- Funcionalidades destacadas (cards interactivas)

Se presentan mediante cuatro tarjetas principales, cada una con ícono, título y descripción breve:

- ✓ Planificador agrícola: permite programar labores por cultivo, lote o finca.
- ✓ Bitácora de campo: registra actividades, insumos y costos.
- ✓ Información climática: acceso a datos meteorológicos georreferenciados.
- ✓ Diagnóstico fitosanitario: consulta de enfermedades, plagas y soluciones.

Esta sección busca que el visitante comprenda el valor funcional y práctico de la app sin necesidad de leer grandes bloques de texto.

- Sección “Público objetivo”

Dirigida a:

- ✓ Agricultores y productoras/es rurales
- ✓ Inversionistas agropecuarios
- ✓ Cooperativas y asociaciones rurales
- ✓ Técnicos agropecuarios
- ✓ Estudiantes e instituciones educativas
- ✓ Incluye testimonios o frases simuladas que humanizan el contenido: “Ahora controlo los costos desde mi celular, sin esperar a que me traigan el informe” — Productor arrocero, Meseta de Ibagué.

- Sección “Ventajas comparativas”

Aquí se destacan los diferenciales de Farm App frente a otras apps (como Agrivi,

AgriWebb o FarmLogs), incluyendo:

- ✓ Multiplataforma (web y móvil)
- ✓ Integración con geolocalización y clima
- ✓ Interfaz accesible para el entorno rural
- ✓ Soporte técnico nacional y en español

Construida con participación de usuarios reales (cooperativas como Serviarroz Ltda.)

- Zona de contacto. Formulario web simple, con los campos:
  - ✓ Nombre
  - ✓ Email
  - ✓ Mensaje
  - ✓ Datos de contacto institucional: correo, teléfono, botón de WhatsApp.
  - ✓ Pie de página con enlaces a redes sociales y derechos reservados.
- Sección de descarga
  - ✓ Instrucciones para descargar la app móvil desde la tienda Android (y

eventualmente iOS).

- ✓ Acceso a versión web directamente desde el navegador.
- Estructura técnica del sitio (Back-End y Front-End)
  - ✓ Front-End: HTML5, CSS3, Bootstrap 5, JavaScript, jQuery.
  - ✓ Back-End: PHP, con manejo de sesiones y API REST para el intercambio de

datos.

- ✓ Base de datos: MySQL optimizada para consultas de bajo consumo en

entornos rurales.

✓ Interoperabilidad: preparada para integrarse con servicios climáticos, mapas geoespaciales y motores de recomendación agrícola.

- Seguridad y privacidad

✓ Certificado SSL activo.

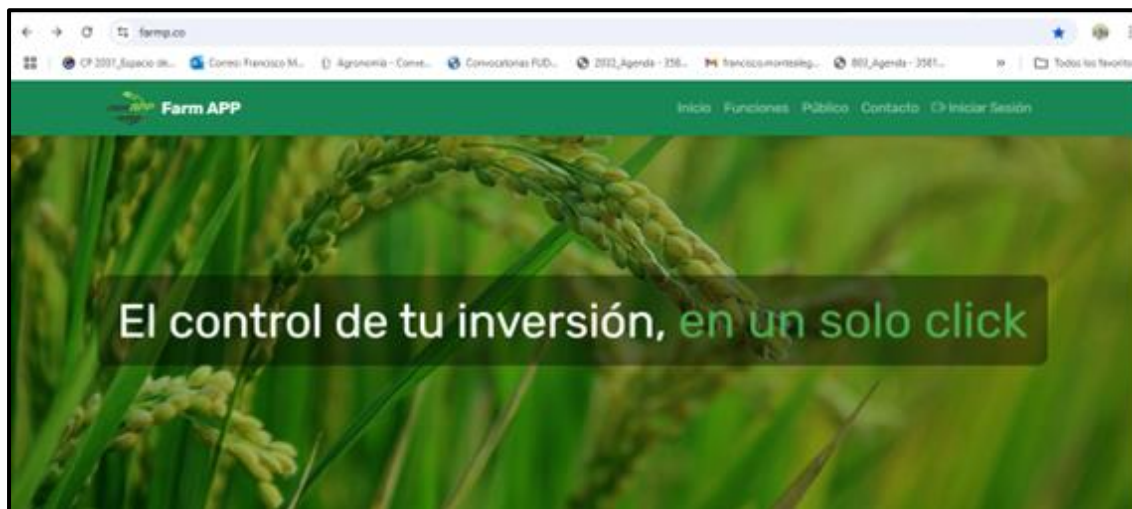
✓ Cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 sobre tratamiento de datos personales.

✓ Usuarios registrados pueden aceptar una política de uso antes de interactuar con los datos del sistema.

Ingrese a la página web <https://farmp.co/>

### Figura 13

*Front Página WEB Farm App*



*Nota.* Elaborada por Autor

## Etapa 2 – Fase 6: Desarrollo FARM APP

**Figura 14**

*Desarrollo Farm App*



*Nota.* Elaborada por Autor

## Evaluación del Proyecto

### Matriz DOFA

**Tabla 11**

*Matriz DOFA*

Categoría	Farm App	Apps Globales
Fortalezas	Diseño personalizado para agricultores colombianos	Alta madurez tecnológica
	Soporte técnico local	Funcionalidades robustas con IA
	Adaptación a conectividad limitada	Amplia base de usuarios y trayectoria internacional
Oportunidades	Plataforma Web y Móvil	Expansión a mercados emergentes
	Transformación digital rural en Colombia	

Categoría	Farm App	Apps Globales
Debilidades	Acceso a programas de financiación estatal y cooperativo	Demanda global por soluciones tecnológicas integradas
	Escasa competencia local integrada	Interfaces no adaptadas a contextos rurales
	Bajo reconocimiento de marca	Poca flexibilidad cultural y lingüística
	Requiere inversión sostenida en soporte y mejoras	Bajo impacto en zonas de baja conectividad
	Dependencia de conectividad rural	
	Competencia con marcas posicionadas	
Amenazas	Brecha digital persistente	Riesgo de abandono por falta de soporte técnico local
	Resistencia cultural al cambio tecnológico	

*Nota.* Elaborada por Autor

### ***Análisis PESTEL***

A continuación, presento el Análisis PESTEL (Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal) aplicado al proyecto Farm App, una aplicación digital orientada a la autogestión y monitoreo de inversiones en el sector agropecuario:

#### ***Político***

Políticas públicas de digitalización rural: En Colombia, la transformación digital del agro es una prioridad del Ministerio de Agricultura (MinAgricultura, 2021), lo que favorece la implementación de herramientas como Farm App.

Estabilidad institucional: Un entorno político estable permite la inversión en innovación agrícola y programas de adopción tecnológica.

Apoyo de programas gubernamentales: Acceso a convocatorias de financiación como AGROSENA, AgroInnova o Alianzas Productivas.

### ***Económico***

Bajos márgenes en la agricultura tradicional: Justifican la necesidad de control preciso de costos e inversiones, como lo permite Farm App.

Acceso desigual al crédito rural: Aplicaciones como Farm App pueden aportar evidencia para respaldar decisiones de crédito e inversión.

Crecimiento de la economía digital rural: Según la OCDE (2021), el desarrollo de AgTech en Colombia está en expansión.

### ***Social***

Cambio generacional en el agro: Los jóvenes rurales son más propensos a usar tecnologías móviles para la toma de decisiones agrícolas (FAO, 2021).

Brechas de alfabetización digital: Es un desafío para la adopción masiva de la app, lo que demanda capacitación adecuada.

Demanda de transparencia: Los inversionistas buscan trazabilidad y control remoto, lo cual favorece soluciones digitales como Farm App.

### ***Tecnológico***

Acceso creciente a smartphones en zonas rurales: Potencializa el uso de aplicaciones móviles.

Avances en tecnologías web y cloud: Facilitan el desarrollo de plataformas escalables como Farm App.

Compatibilidad con sensores IoT y bases de datos geoespaciales: Permite futuras integraciones para aumentar la funcionalidad del sistema.

### ***Ecológico***

Necesidad de sostenibilidad: La gestión eficiente de recursos naturales es clave en la producción agrícola, y Farm App contribuye al monitoreo responsable de insumos y actividades.

Normativas ambientales: La app puede incorporar alertas para prácticas sostenibles y trazabilidad de actividades agroecológicas.

### ***Legal***

Ley de Protección de Datos (Habeas Data): Requiere garantizar la privacidad de los datos de los productores e inversionistas (Ley 1581 de 2012 en Colombia).

Normativa sobre trazabilidad agrícola: Farm App puede ser un instrumento para cumplir requisitos de certificación en buenas prácticas agrícolas (BPA).

Propiedad intelectual del software: Es necesario registrar la app y proteger el código fuente bajo licencias adecuadas.

### **Juicio de Expertos**

#### ***Elección de Expertos***

La selección de los integrantes del juicio de expertos constituye un componente fundamental para garantizar la rigurosidad, validez y pertinencia de la evaluación del Mínimo Producto Viable (MVP) de *Farm App*. Este proceso se orienta por criterios técnicos, éticos y estratégicos que aseguran la participación de profesionales con conocimientos especializados y experiencia comprobada en áreas clave como el desarrollo de tecnologías aplicadas al sector agropecuario, la innovación rural, la gestión de proyectos y el diseño centrado en el usuario.

El juicio de expertos tiene como propósito valorar, desde múltiples perspectivas, la funcionalidad, usabilidad, escalabilidad e impacto potencial de la herramienta digital. Por tanto, la conformación de un panel interdisciplinario, representativo y equilibrado es esencial

para obtener recomendaciones sólidas, pertinentes y contextualizadas que orienten futuras iteraciones de mejora y validación del producto.

Para ello, se ha definido un conjunto de requisitos mínimos que orientan la selección de los participantes, entre los que se destacan: trayectoria profesional en proyectos TIC o agropecuarios, conocimiento del contexto rural colombiano, experiencia en procesos de adopción tecnológica en el agro, y habilidades en análisis crítico y evaluación de soluciones digitales. El proceso de elección contempla la revisión de perfiles, verificación de credenciales y criterios de diversidad funcional, institucional y territorial, con el fin de enriquecer el análisis desde múltiples enfoques y realidades.

Este enfoque asegura una participación informada, objetiva y constructiva, clave para el fortalecimiento de Farm App como solución tecnológica al servicio del desarrollo rural sostenible.

**Tabla 12**

*Elección de Expertos*

Requerimiento	Cantidad	Nombre	Perfil
Productores rurales vinculados a cooperativas	2	Ricardo Pisciotti Tobón	Agrónomo Agricultor de arroz en Ibagué y Saldaña-Tolima. Pertenece a Molino Sonora y Cooperativa Serviarroz. Administrador Financiero
		Sergio Guzmán Guzmán	Agricultor de Frutales en Coello-Tolima. Asociado a AsoMango.
Desarrollador con experiencia en soluciones multiplataforma para el agro	1		

Requerimiento	Cantidad	Nombre	Perfil
Ingeniero agrícola o agrónomo experto en agricultura digital.	1	Jaime Alfonso Ortiz Londoño	Ingeniero Agrónomo. Especialista en Gestión Ambiental y Evaluación de Impacto Ambiental Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Tecnóloga Industrial Ingeniera Industrial Especialista en Proyectos de Desarrollo Maestría Gerencia para el Desarrollo
Gestor de proyectos TIC con enfoque rural.	1	Yerly Patricia Cardona Montoya	Coordinadora Ciencia, Tecnología e Innovación - Sistema General de Regalías Líder Técnico Nacional Equipo Supervisión - Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
Profesional en diseño UX/UI para apps rurales	1	Fernando Reina	Ingeniero de Sistemas. Desarrollador de software Agrónomo Ms(C) Desarrollo Rural. Extensionista del Comité de cafeteros.
Funcionario de una entidad gubernamental	1	Yeison German Guilombo Silva	Implementador de normas de certificación para cafés-grupo ECCO Director de Desarrollo Agropecuario-Gobernación del Tolima. Profesional de proyectos productivos de la Unidad de Restitución de Tierras.

*Nota.* Elaborado por el autor.

### ***Escala de Evaluación de Pertinencia De Farm App***

Se establecen cinco niveles de evaluación de la pertinencia de Farm App, organizados jerárquicamente y pensados para evaluar soluciones tecnológicas, desde una perspectiva técnica, social y funcional:

**Tabla 13***Escala De Evaluación de Pertinencia de Farm App*

Nivel De Evaluación	Descripción	Escala De Valoración (1-5)
Alineación con la necesidad del usuario	Evalúa si la app responde claramente a una necesidad prioritaria del usuario (ej. agricultores e inversionistas rurales).	1 = No responde 3 = Responde parcialmente 5 = Responde completamente
Contextualización socioterritorial	Considera si la app está adaptada a las condiciones del territorio (cultura, conectividad, idioma, capacidades digitales).	1 = Nada contextualizada 3 = Medianamente contextualizada 5 = Totalmente contextualizada
Accesibilidad y usabilidad	Evalúa el diseño centrado en el usuario: navegación, legibilidad, compatibilidad con dispositivos, idioma y facilidad de aprendizaje.	1 = Difícil de usar 3 = Moderadamente accesible 5 = Muy fácil e inclusiva
Impacto y sostenibilidad	Analiza el potencial de la app para mejorar procesos, reducir costos, facilitar decisiones y sostenerse en el tiempo.	1 = Bajo impacto 3 = Impacto limitado 5 = Alto impacto sostenible
Nivel de Innovación y Diferenciación	Evalúa la capacidad de la aplicación para aportar soluciones novedosas. Considera el grado en que integra tecnologías emergentes, propone enfoques disruptivos y genera valor agregado para el usuario.	1 = no presenta elementos innovadores. 3 = Introduce algunas mejoras y elementos novedosos. 5 = Presenta características altamente innovadoras y diferenciadoras

*Nota.* Elaborado por el Autor.

## El modelo de Cuestionario Delphi

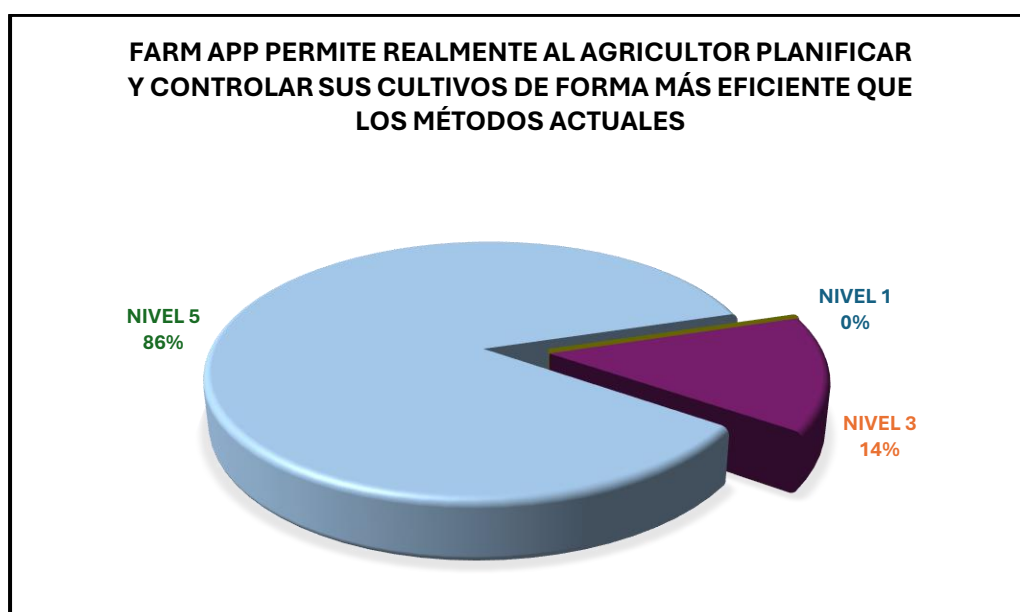
Es una herramienta metodológica utilizada dentro de la técnica Delphi, un enfoque sistemático para obtener el juicio informado y consensuado de un grupo de expertos sobre un tema determinado. En el **Apéndice A**, se comparte el Modelo de Cuestionario Delphi diseñado para evaluar Farm App.

### *Nivel de Alineación con la Necesidad del Usuario*

Se evaluó si Farm App responde a una necesidad real, específica y prioritaria del público objetivo. Aquí se analizó si la herramienta resuelve un problema concreto, mejora procesos existentes o aporta valor tangible.

### Figura 15

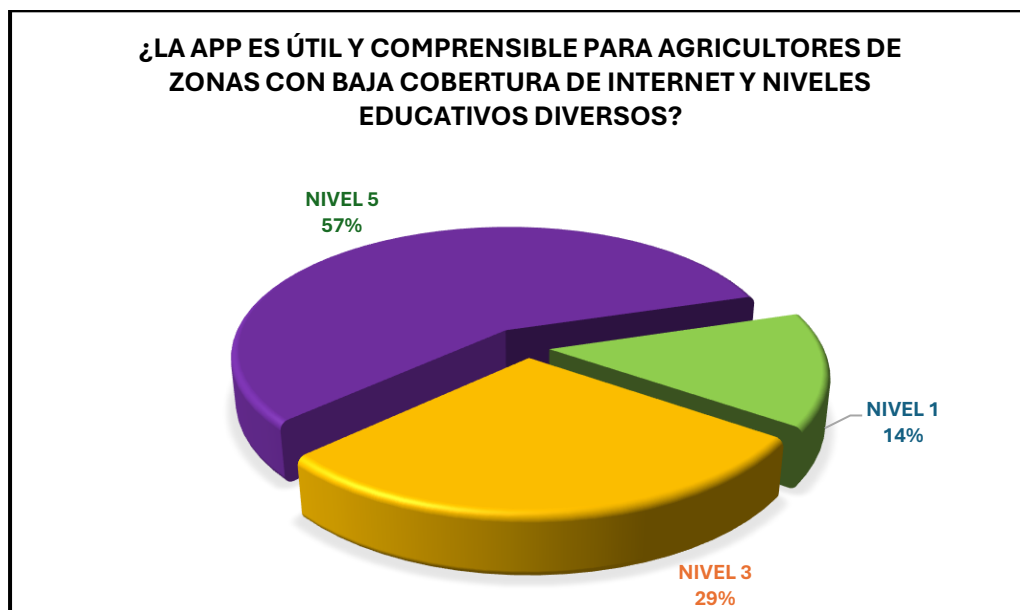
#### *Nivel de Alineación con la Necesidad del Usuario*



*Nota.* Elaborado por el Autor.

### *Nivel de Contextualización Socioterritorial*

Se consideró el grado en que Farm App está adaptada al entorno sociocultural, geográfico y tecnológico del usuario. Incluyó elementos como conectividad, lenguaje, alfabetización digital y particularidades del entorno rural.

**Figura 16***Nivel de Contextualización Socioterritorial*

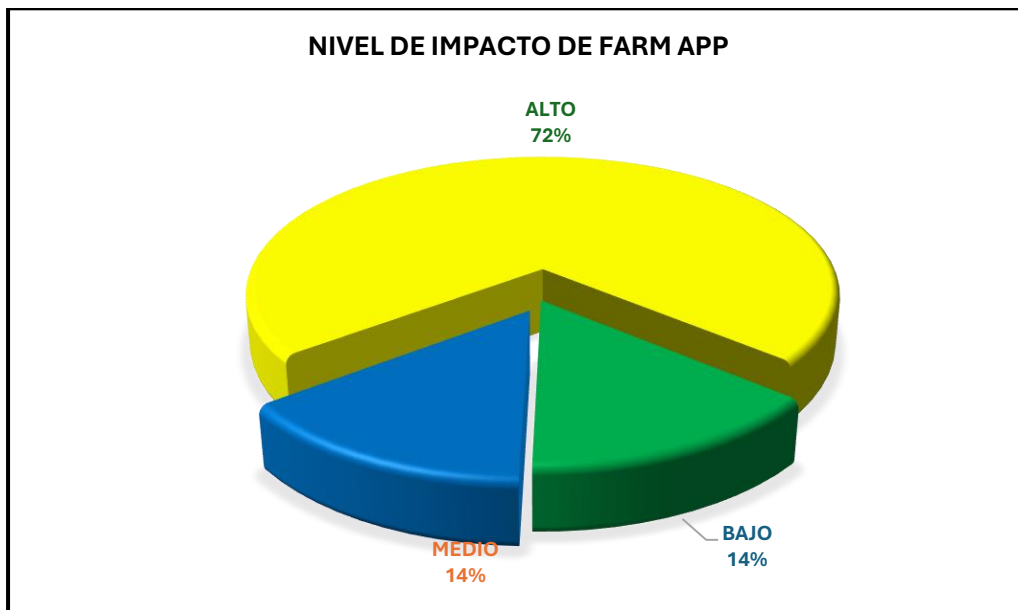
*Nota.* Resultados Juicio de Expertos. Nivel de contextualización socioterritorial. Elaborado por el Autor.

*Nivel de Accesibilidad y Usabilidad*

Se evaluó si el diseño de Farm App es intuitivo, fácil de usar y accesible para personas con diferentes niveles de experiencia tecnológica. Incluyó navegación, interfaz visual, y adaptación a dispositivos móviles.

**Figura 17**

*Nivel de Accesibilidad y Usabilidad*



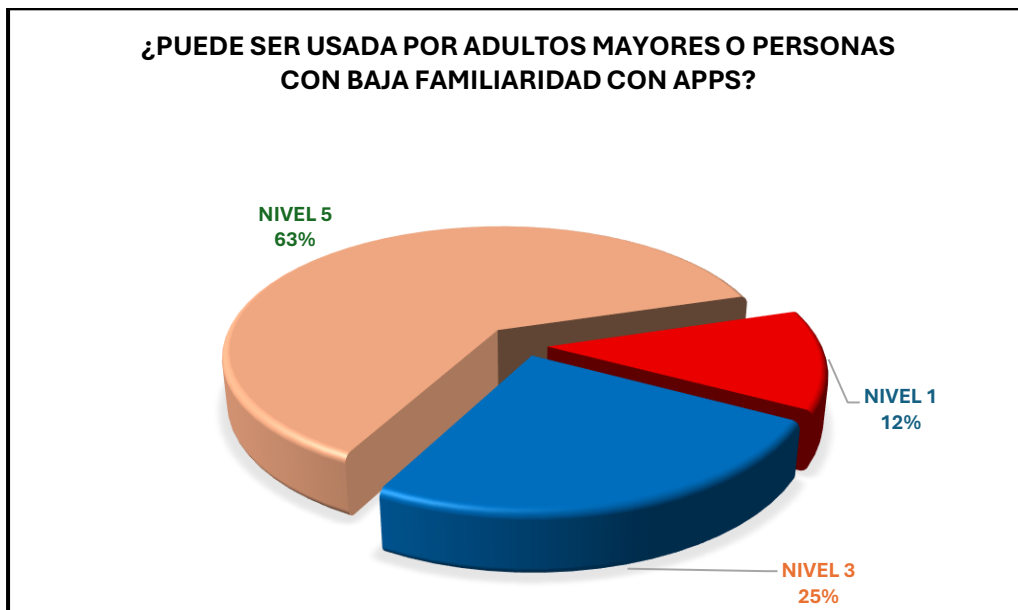
*Nota.* Resultados Juicio de Expertos. Nivel de accesibilidad y usabilidad. Elaborado por el Autor.

### ***Nivel de Impacto y Sostenibilidad***

Se consideró la capacidad de Farm App para generar beneficios sostenibles en el tiempo: mejora de la toma de decisiones, ahorro de recursos, empoderamiento del usuario, entre otros. También se analizó si el uso continuo está garantizado técnica y económicamente.

**Figura 18**

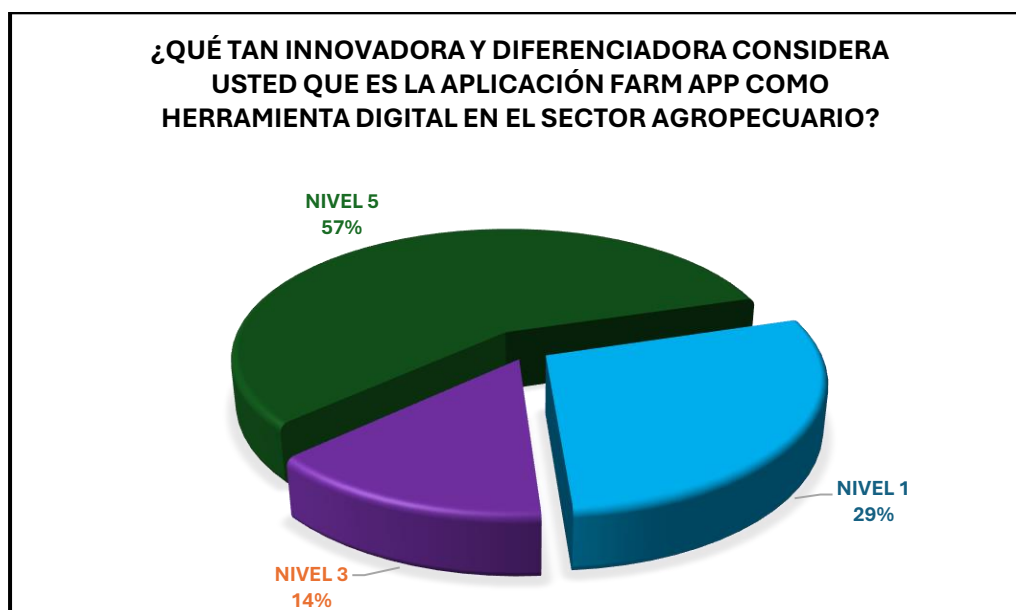
*Nivel de Impacto y Sostenibilidad*



*Nota.* Resultados Juicio de Expertos. Nivel de Nivel de impacto y sostenibilidad. Elaborado por el Autor.

### ***Nivel de Innovación y Diferenciación***

Se evaluó la capacidad de la aplicación para aportar soluciones. Se consideró el grado en que integra tecnologías emergentes, propone enfoques disruptivos y genera valor agregado para el usuario.

**Figura 19***Nivel de Innovación y Diferenciación*

*Nota.* Resultados Juicio de Expertos. Nivel de Innovación y Diferenciación. Elaborado por el Autor.

### **Niveles de Madurez Tecnológica – TRL**

#### ***Definición***

Los Niveles de Madurez Tecnológica (TRL, por sus siglas en inglés: *Technology Readiness Levels*) es una herramienta de evaluación ampliamente utilizada para medir el grado de desarrollo, validación y aplicación de una tecnología específica, desde su fase más conceptual hasta su implementación final en un entorno operativo real. Este modelo fue introducido inicialmente por la NASA en la década de 1970 para facilitar la gestión del riesgo en la adquisición de nuevas tecnologías aeroespaciales (Mankins, 2009).

En esencia, los TRL constituyen una escala de nueve niveles que permite determinar cuán preparada está una tecnología para su uso en condiciones reales, favoreciendo la toma de decisiones en procesos de inversión, innovación y transferencia tecnológica. A medida que

la tecnología avanza por estos niveles, gana robustez, validez técnica y viabilidad de implementación.

### ***Escala***

La escala se define de la siguiente forma:

**TRL 1 – Principios Básicos Observados.** Se identifican fenómenos científicos fundamentales. Es una etapa puramente teórica.

**TRL 2 – Formulación del Concepto Tecnológico.** Se desarrollan ideas y aplicaciones potenciales basadas en los principios observados.

**TRL 3 – Prueba Experimental del Concepto.** Se realizan investigaciones para validar los elementos del concepto a nivel de laboratorio.

**TRL 4 – Validación de Componentes en Laboratorio.** Se prueban componentes clave para demostrar su funcionalidad bajo condiciones controladas.

**TRL 5 – Validación de Componentes en Entorno Relevante.** Se verifica el rendimiento de los prototipos en condiciones similares a las reales.

**TRL 6 – Demostración de Prototipo en Entorno Relevante.** Se presenta un sistema o subsistema funcional en un contexto simulado.

**TRL 7 – Demostración del Sistema en Entorno Operativo Real.** Se prueba un sistema funcional completo en campo o en entornos reales.

**TRL 8 – Sistema Completo Validado y Certificado.** La tecnología ha sido probada satisfactoriamente y se encuentra lista para su uso.

**TRL 9 – Tecnología Probada con Éxito en Operación Real.** El sistema está en funcionamiento activo y genera resultados comprobables.

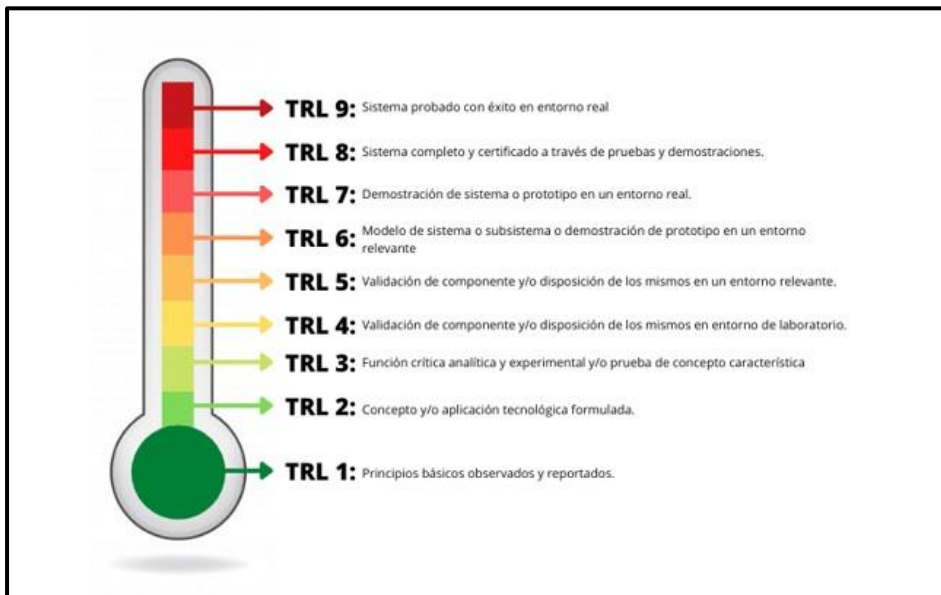
Este enfoque ha sido adoptado por diversas agencias internacionales como la Comisión Europea, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), y en Colombia, por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, como herramienta

clave para evaluar el avance de productos, servicios o procesos tecnológicos en proyectos de investigación aplicada o desarrollo experimental (MinCiencias, 2023).

A nivel práctico, el uso del TRL permite a investigadores, inversionistas, empresarios y formuladores de políticas:

- Visualizar el estado de maduración de una tecnología.
- Mitigar riesgos técnicos y económicos.
- Planificar iteraciones de mejora en etapas de desarrollo.
- Facilitar la transferencia tecnológica y la vinculación universidad-empresa.

La implementación de TRL en proyectos como Farm App permite justificar con mayor precisión su avance tecnológico, asegurando que las decisiones sobre su escalamiento, inversión o comercialización se basen en evidencia verificable. Por ejemplo, si una app agrícola avanza de un TRL 6 (prototipo funcional en entorno relevante) a un TRL 8 (sistema certificado tras pruebas exitosas), se demuestra una evolución concreta en confiabilidad, seguridad y aplicabilidad real, reduciendo barreras de adopción por parte de los usuarios

**Figura 20***Niveles de Madurez Tecnológica*

*Nota.* Tomado de <https://www.ayming.es/insights-y-noticias/noticias/trl-technology-readiness-levels/>

***Evolución de la Madurez Tecnológica del Proyecto Farm App***

El desarrollo del proyecto *Farm App* refleja un notable progreso en términos de madurez tecnológica, evidenciando una evolución que va más allá de las metas iniciales propuestas. En un comienzo, el proyecto se planteó alcanzar un Nivel de Madurez Tecnológica (Technology Readiness Level, TRL) 6, lo cual implica contar con un *prototipo funcional validado en un entorno relevante*, donde las condiciones de prueba se asemejan a las del uso real, pero aún dentro de contextos controlados.

Sin embargo, gracias a la implementación rigurosa de metodologías ágiles como Scrum, el uso de tecnologías robustas y de código abierto, así como la retroalimentación activa de los actores del sector agroproductivo, el sistema logró escalar hasta un TRL 8. Este nivel representa un *sistema completamente integrado y operativo*, validado a través de pruebas funcionales, de rendimiento y de aceptación por usuarios reales en ambientes reales.

En este estado, la aplicación no solo demuestra confiabilidad técnica, sino que también “*cumple con criterios de usabilidad, interoperabilidad y escalabilidad*”.

Este avance posiciona a *Farm App* a un paso del TRL 9, el más alto en la escala de madurez tecnológica, reservado para tecnologías que han sido probadas con éxito en operaciones reales, sostenidas en el tiempo y bajo condiciones de producción. La cercanía a este nivel sugiere que *Farm App* está lista para su despliegue comercial o institucional, y con potencial de ser escalada nacional e incluso internacionalmente, consolidándose como una herramienta efectiva para la digitalización y transformación del sector agrícola colombiano.

### **Manual de Usuario Farm App**

El presente manual de usuario ha sido elaborado con el propósito de facilitar la apropiación y el uso efectivo de *Farm App*, una herramienta digital desarrollada para apoyar la planificación, seguimiento y control de inversiones en proyectos agropecuarios. Esta aplicación, disponible tanto en versión web como móvil, busca brindar una solución práctica y moderna a las necesidades de agricultores, técnicos y pequeños inversionistas que desean mejorar la gestión de sus cultivos a través de tecnologías de la información.

*Farm App* fue concebida como un sistema intuitivo, adaptable y accesible, que permite el registro detallado de actividades agrícolas, el control financiero, la visualización de información meteorológica y la trazabilidad de procesos productivos. Su diseño ha sido pensado para contextos rurales, con el fin de fortalecer la toma de decisiones basada en datos, aumentar la productividad y mejorar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

Este manual describe de manera clara y ordenada cada una de las funcionalidades disponibles en la plataforma, orientando al usuario en el proceso de registro, navegación y aprovechamiento integral de las herramientas que ofrece la aplicación. Está dirigido a usuarios con distintos niveles de familiaridad con la tecnología, por lo que incluye instrucciones paso a paso, capturas ilustrativas y recomendaciones prácticas.

Invitamos a cada usuario a explorar y sacar el máximo provecho de Farm App, con la certeza de que esta herramienta representa un paso importante hacia la transformación digital del agro colombiano.

En el Apéndice B, encontrará el recurso Manual de Usuario.

## Conclusiones

Las aplicaciones móviles se han convertido en una herramienta fundamental para los agricultores colombianos, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad de sus operaciones. Al elegir la aplicación adecuada, los productores pueden tomar decisiones más informadas y optimizar sus rendimientos, contribuyendo al desarrollo del sector agrícola colombiano.

Mientras soluciones globales o especializadas dominan sus segmentos, Farm App tiene potencial para destacar por: integrar funciones de gestión integral, finanzas, trazabilidad, diagnóstico IA y comercio, adaptarse al contexto rural colombiano con soporte offline, modular y multilingüe, proveer una experiencia local y ajustada a productores asociados, con interfaz simplificada y soporte técnico cercano.

Farm App tiene el potencial de posicionarse como una solución tecnológica integral, inclusiva y adaptada al contexto colombiano. Aprovechar sus ventajas competitivas y construir una base de usuarios clave para su escalabilidad nacional e internacional.

Farm App prioriza necesidades reales de usuarios colombianos, especialmente agricultores rurales sin importar el tamaño de su proyecto y de su inversión, aportando herramientas de gestión de cultivos, control de insumos, trazabilidad y seguimiento.

los requerimientos analizados mostraron la viabilidad técnica, la pertinencia social y la oportunidad de innovación que representa Farm App para responder a una problemática no cubierta en el sector agropecuario.

La ausencia de herramientas tecnológicas adaptadas a las condiciones rurales ha generado vacíos críticos en el seguimiento de inversiones, la eficiencia operativa y la toma de decisiones informadas. Farm App responde a esta necesidad como una solución multiplataforma que democratiza el acceso a la gestión digital de proyectos agrícolas, mejorando la trazabilidad y transparencia en el manejo de recursos.

Al ser diseñada con base en metodologías ágiles como SCRUM y con tecnologías de código abierto como PHP, MySQL, HTML5 y jQuery Mobile, la aplicación garantiza usabilidad, personalización y sostenibilidad, ajustándose a las realidades de pequeños y medianos productores con acceso limitado a infraestructura tecnológica robusta.

Farm App potencia el empoderamiento del productor y del inversionista rural, gracias a sus módulos, la aplicación convierte al inversionista en protagonista activo de la gestión productiva, facilitando una transición hacia prácticas más modernas, organizadas y basadas en datos en tiempo real.

La propuesta tecnológica Farm App articula innovación con sostenibilidad y desarrollo territorial, no solo automatiza procesos: promueve la sostenibilidad ambiental al permitir una mejor planificación del uso de recursos y fortalece las capacidades organizativas de cooperativas y asociaciones rurales, alineándose con los objetivos de la transformación digital del agro colombiano.

La validación de Farm App por juicio de expertos garantiza la pertinencia, escalabilidad y mejora continua de la herramienta, la estructuración de un proceso metodológico tipo Delphi con expertos del agro, TIC y gestión de proyectos permite asegurar que el desarrollo de Farm App esté alineado con estándares internacionales de madurez tecnológica (TRL), reduciendo riesgos y fortaleciendo su camino hacia una implementación real, útil y transformadora para el desarrollo rural.

El desarrollo del proyecto Farm App evidencia un avance significativo en su madurez tecnológica. Si bien inicialmente se proyectó alcanzar un TRL 6, correspondiente a un prototipo funcional validado en un entorno relevante, el resultado entregado supera las expectativas, consolidándose en un TRL 8, es decir, como un sistema completo, robusto y certificado tras pruebas y demostraciones exhaustivas en escenarios operativos reales. Esta evolución posiciona a Farm App a escasa distancia de un TRL 9, que representa el máximo

nivel de madurez tecnológica al validar la herramienta en condiciones reales de funcionamiento.

Este logro no solo refleja la solidez técnica del equipo desarrollador y la efectividad de la metodología ágil implementada (Scrum), sino también la pertinencia de la solución para responder a necesidades críticas del sector agropecuario colombiano. Al cerrar esta etapa con una plataforma funcional, multiplataforma y validada por expertos, se establece una base sólida para su despliegue masivo, escalabilidad y sostenibilidad, fortaleciendo así el ecosistema de innovación rural digital en Colombia.

El análisis PESTEL evidencia que Farm App se encuentra en un entorno favorable para su desarrollo y adopción, especialmente si se gestionan adecuadamente los retos sociales y legales. La app responde a necesidades reales del agro colombiano y puede integrarse de manera estratégica con políticas públicas y tendencias tecnológicas.

Farm App, inició como un proyecto aplicado dentro del desarrollo de trabajo de grado en la Maestría de Gerencia de Proyectos. Hoy, se ha convertido en un emprendimiento, con desarrollo, proyección, impacto y sostenibilidad, ofreciendo soluciones a situaciones complejas reales de los inversionistas en el sector agropecuario.

## Referencias Bibliográficas

- AGROWARE. (2014). Tecnología agrícola: ¿Qué es y cómo implementarla? En <http://sistemaagricola.com.mx/blog/tecnologia-agricola-que-es-y-comoimplementarla/>
- Basir, M. S., Buckmaster, D., & Raturi, A. (2024). *From pen and paper to digital precision: a comprehensive review of on-farm recordkeeping*. *Precision Agriculture*, 25, 2643–2682. En: [https://www.researchgate.net/publication/377143097\\_From\\_pen\\_and\\_paper\\_to\\_digital\\_precision\\_a\\_comprehensive\\_review\\_of\\_on-farm\\_recordkeeping](https://www.researchgate.net/publication/377143097_From_pen_and_paper_to_digital_precision_a_comprehensive_review_of_on-farm_recordkeeping)
- Coronel, C., & Morris, S. (2018). Database Systems: Design, Implementation, & Management (13th ed.). Cengage Learning. En: <https://www.cengage.com/c/database-systems-design-implementation-management-13e-coronel/>
- Curso Android (2016). Desarrollo de aplicaciones móviles. En <http://www.maestrosdelweb.com/curso-android/>
- Date, C. J. (2019). An Introduction to Database Systems (8th ed.). Addison-Wesley. En: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/introduction-to-database-systems/9780321197849.html>
- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PAGINA WEB Y APP MOVIL PARA EL MINISTERIO DE AGRICULTURA. En: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9911/GuerraJulio2016.pdf>
- FAO. (2020). La digitalización en la agricultura: Oportunidades y desafíos para América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. En: <https://www.fao.org/americas/publicaciones-audio-video/digitalizacion-agricultura>

- FAO. (2021). Digital Agriculture: The Future of Food and Farming. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. En: <https://www.fao.org/e-agriculture/news/agriculture-40-future-farming>
- FAO. (2022). La transformación digital de la agricultura: un enfoque para América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. En: <https://www.fao.org/e-agriculture/news/agriculture-40-future-farming>
- Fava Neves, M., Papa Casagrande, B., Cambaúva, V., de Oliveira Teixeira, G., & Franco Toledo, P. J. (2023). Agriculture 6.0: A New Proposal for the Future of Agribusiness. Environmental & Social Management Journal / Revista de Gestão Social e Ambiental, 17(9), 1–16. En: <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.24857/rgsa.v17n9-021>
- Fielding, R. T., & Reschke, J. (2014). Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Semantics and Content. Internet Engineering Task Force (IETF). En: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7231>
- Frontiers in Environmental Science. (2024). Digitalisation of agriculture for sustainable crop production. farmstandapp.com+15frontiersin.org+15mdpi.com+15
- Gartner. (2014). Top 10 Strategic Technology Trends for 2014. En: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2013-10-08-gartner-identifies-the-top-10-strategic-technology-trends-for-2014>
- Hasselbring, W. (2018). Cloud computing and its implications for software engineering. Softwaretechnik-Trends, 38(4), 61–66.
- ISO 9241 210. (2019). Ergonomics of human system interaction – Part 210: Human centred design for interactive systems. ISO.
- Larman, C. (2004). Applying UML and Patterns: An Introduction to Object Oriented Analysis and Design and Iterative Development (3rd ed.). Prentice Hall.

- Liakos, K. G., et al. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90.
- Martínez Villalobos, Gustavo and Flórez Méndez, David and Bravo Osorio, Néstor, Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas (Developing a Web and Mobile System for Crop Management) (November 2, 2017). *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, Vol. 10, No. 18, 2018, Available at SSRN. En: <https://ssrn.com/abstract=3527631>
- Ma, Y., et al. (2021). Mobile solution adoption in smallholder farming: Case studies from Southeast Asia. *International Journal of Agricultural Extension*, 9(2), 25–40.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Política de transformación digital del agro colombiano. En: <https://www.minagricultura.gov.co/Noticias/Paginas/transformacion-digital-del-agro.aspx>
- Montealegre Torres, F. J. (2019). *Farmer APP: prototipo de software de autogestión administrativo de inversión en proyectos agrícolas para los agricultores socios de la cooperativa de arroceros – Serviarroz LTDA, en la zona de la meseta de Ibagué, departamento del Tolima*. En <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=294453e2-a353-3ff1-90a8-3f544e7ca8ed>
- OCDE. (2021). Estudios de la OCDE sobre innovación en Colombia. En <https://www.oecd.org/colombia>
- Pasquale, N. E. (2020). Transformaciones digitales en la agricultura moderna. En: [https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/2525/ADM\\_1020789235\\_2020\\_1.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/2525/ADM_1020789235_2020_1.pdf?sequence=8&isAllowed=y)

- Palit, A., Patel, S. L., & Kumar, A. (2024). Digital Platforms and Mobile Apps in Agronomy: Connecting Farmers to Technology. In Smart Agronomy (pp. 297–328).
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). Software Engineering: A Practitioner's Approach (9th ed.). McGraw Hill Education. En <https://www.mheducation.com/highered/product/software-engineering-practitioner-s-approach-pressman-maxim/M9781260452474.html>
- Pressman&Tylor, eds. (2016). En: <https://doi.org/10.1007/9783319114561>
- Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute
- Ramírez, J., & Rodríguez, M. (2022). Uso de tecnologías digitales en el agro colombiano: diagnóstico y perspectivas. Observatorio Nacional Agropecuario. En: <https://observatorio.agronacional.gov.co/documentos/uso-tecnologias-digitales-agro>
- Ruiz, L. (2011). Panorama de las TIC en empresas colombianas. Editorial Académica Española.
- Sommerville, I. (2016). Software Engineering (10th ed.). Pearson.
- Sopegno, A. (2016). Mobile applications in agriculture: Trends and potential impact. Journal of Agricultural Informatics, 7(3), 1–10. En: <https://journal.magisz.org/index.php/jai/article/view/236>
- Sutherland, J., & Schwaber, K. (2020). The Scrum Guide™: The Definitive Guide to Scrum. Scrum.org. En: <https://scrumguides.org>
- Turriago, W. T., Lugo, J. D. & Pérez, A. F. (2023). El papi cultor cundiboyacense y la nueva era de la tecnología [Trabajo de grado, Universidad EAN]. En: <http://hdl.handle.net/10882/12609>

World Bank. (2019). Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture. En:

<https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/publication/harvesting-prosperity>

<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=2>

Zhang, N., et al. (2022). *Real-time monitoring and risk reduction in precision agriculture: effects on yield and sustainability. Agricultural Systems, 193, 103–112.*

## Apéndices

### *Apéndice A*

*El modelo de Cuestionario Delphi*

#### **Modelo de Cuestionario Delphi para Farm App**

**Apéndice B**

*Manual de Usuario Farm App*

**FARM APP: WEB Y APP MANUAL DE USUARIO**